

3 S.W.H. 3/29/02

EXPRESS MAIL NO. EL 920 880 334 US

DATE OF DEPOSIT 12/14/01

Our File No. 9281-4258
Client Reference No. N US00121

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Kiyoshi Sato et al.)
Serial No. To Be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For: Thin-Film Magnetic Head With)
Narrowed Track Width and Method)
for Making Same)

J1050 U.S. PTO
10/017748
12/14/01

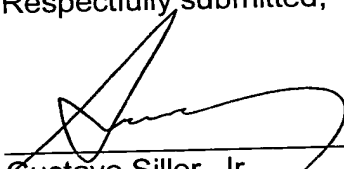
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2000-398949, filed December 26, 2000 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,


Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-398949

出 願 人

Applicant(s):

アルプス電気株式会社



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 9月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office



【書類名】 特許願

【整理番号】 N00047

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 佐藤 清

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 牛腸 英紀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 矢澤 久幸

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 小林 潔

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 児山 輝

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 037132

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部コア層と、前記下部コア層上又は前記下部コア層上に形成された下部磁極層上のギャップ層と、前記ギャップ層上に形成された上部磁極層と、前記上部磁極層上に形成された上部コア層と、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側の前記下部コア層上に、前記ギャップ層と前記上部磁極層との接合担面のハイト方向深さを決める G d 決め層とを有し、

媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層及び前記下部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有することを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有し、前記下部磁極層のトラック幅方向の幅が前記ギャップ層のトラック幅方向の幅とほぼ同じであることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の最小の幅が $0.4 \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 乃至 3 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記下部磁極層の膜厚が $0.25 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲に設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 下部コア層上の媒体対向面となる面からギャップ深さ分だけハイト方向の位置に G d 決め層を形成する G d 決め層形成工程と、

前記下部コア層上又は前記下部コア層上に形成された下部磁極層上のギャップ層と、前記ギャップ層上の上部磁極層とを形成する磁極部形成工程と、

前記磁極部工程で形成された磁極部の媒体対向面からみた両側面にドライエッチングを施すエッチング工程とを有し、

前記 G d 決め層形成工程において、前記磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅を所定幅に設定することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの

製造方法。

【請求項 7】前記磁極部形成工程で形成された前記磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅を、各々 0 μ m 乃至 4 μ m の範囲に設定したことを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 8】前記磁極部形成工程で形成された磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅を、各々 1 μ m 乃至 4 μ m の範囲に設定したことを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 9】前記磁極部形成工程の後、前記磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅を所望の長さに調整する工程を有する請求項 6 乃至 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 10】前記磁極部形成工程の後、前記磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅をリアクティブ・イオン・エッチング又は O₂ アッシングにより所望の長さに調整する工程を有する請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】前記磁極部形成工程において、磁極部は下部磁極層と、ギャップ層と、上部磁極層とを順次メッキ積層した請求項 6 乃至 10 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】前記磁極部形成工程において、磁極部はギャップ層と、上部磁極層とを順次積層した請求項 6 乃至 10 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】前エッチング工程において、イオン照射の角度が、前記下部コア層に垂直な方向に対し、45° 以上 75° 以下の傾きを有している請求項 6 乃至 12 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】前エッチング工程において、イオン照射の角度が、前記下部コア層に垂直な方向に対し、55° 以上 70° 以下の傾きを有している請求項 6 乃至 13 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッド、接触式磁気ヘッド等に使用される薄膜磁

気ヘッドに係り、特に狭トラック幅を実現する上で好適な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来における薄膜磁気ヘッドの概略の構成を図 2 4 及び図 2 5 を参照して説明する。

【 0 0 0 3 】

図 2 4 は従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の媒体対向面（エアーベアリングサーフェス：A B S）よりみた部分正面図であり、図 2 5 は図 2 4 に示す薄膜磁気ヘッド 2 1 の 2 5 - 2 5 線から切断し矢印方向からみた部分である。

【 0 0 0 4 】

図 2 4 及び図 2 5 に示す符号 2 2 は、F e - N i 系合金（パーマロイ）等の軟磁性合金で形成された下部コア層であり、この下部コア層 2 2 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の両側には図示しない絶縁層が形成されている。

【 0 0 0 5 】

また、図 2 4 に示すように、薄膜磁気ヘッド 2 1 の下部コア層 2 2 の上に積層形成されている符号 2 5、符号 2 6、符号 2 7 は、下部磁極層 2 5 と、ギャップ層 2 6 と、上部磁極層 2 7 とであり、これら下部磁極層 2 5 と、ギャップ層 2 6 と、上部磁極層 2 7 とは磁極部 2 8 を構成している。磁極部 2 8 は磁気ギャップ G からトラック幅 T W 1 の漏れ磁界により媒体に対し情報の書き込みを行う。磁極部 2 8 は図 2 5 に示すように、媒体対向面よりハイト方向（図示矢印 Y 方向）の奥側（薄膜磁気ヘッドの深さ方向ともいう。）で後述するギャップ深さ（G d）決め層 2 3 まで延ばされている。尚、下部磁極層 2 5 と上部磁極層 2 7 とは例えば、F e - N i 系合金（パーマロイ）等の軟磁性合金で形成され、ギャップ層 2 6 は、アルミナや N i P 合金等の非磁性材料により形成される。

【 0 0 0 6 】

また、図 2 5 に示すように、下部コア層 2 2 上であって媒体対向面 3 3 よりハイト方向（矢印 Y 方向）奥側に形成された符号 2 3 はレジスト等の非磁性材料か

らなるギャップ深さ (G d) 決め層 (以下「G d 決め層」という。) である。上述のように、磁極部 2 8 が媒体対向面より G d 決め層 2 3 までハイト方向の奥側に延ばされるので、媒体対向面より上部磁極層 2 7 とギャップ層 2 6 の接合担面が G d 決め層 2 3 に接するまでの距離をギャップ深さ G d として決めることができる。G d 決め層 2 3 は、図 2 5 に示すようにその表面形状は曲面で構成されている。尚、図 2 4 では、破線で磁極部 2 8 のトラック幅方向 (図示 X 軸方向) 両側に延設されたギャップ決め層 2 3 の形状を示す。

【 0 0 0 7 】

また、図 2 5 に示すように、下部コア層 2 2 上であって G d 決め層 2 3 よりさらにハイト方向 (矢印 Y 方向) 奥側に形成された符号 2 9 は、F e - N i 系合金 (パーマロイ) 等の軟磁性合金で形成された持ち上げ層である。図 2 4 及び図 2 5 に示すように、磁極部 2 8 のトラック幅方向 (図示 X 軸方向) 両側、G d 決め層 2 3 のトラック幅方向 (図示 X 軸方向) 両側及びハイト方向 (矢印 Y 方向) 奥側及び持ち上げ層 2 9 の周りはアルミナ等の絶縁材料等で絶縁層 2 4 が形成されている。そして、絶縁層 2 4 の上には符号 3 0 で示すコイル層が螺旋状に形成されており、コイル層 3 0 を覆うように例えば有機絶縁材料等の絶縁材料で形成された絶縁層 3 1 が形成されている。

【 0 0 0 8 】

また、図 2 4 及び 2 3 に示す符号 3 2 は、例えば、フレームメッキ法で形成された F e - N i 系合金 (パーマロイ) 等の軟磁性合金からなる上部コア層である。上部コア層 3 2 の先端部 3 2 a は、上部磁極層 2 7 と磁氣的に結合されており、記録媒体との対向面に露出形成される。また、上部コア層 3 2 の基端部 3 2 b は下部コア層 2 2 と持ち上げ層 2 9 を介して磁氣的に接続されている。尚、上部コア層 3 2 は、図示しない絶縁層で覆われている。

【 0 0 0 9 】

上述の薄膜磁気ヘッド 2 1 は、例えば浮上式磁気ヘッドに使用されて磁気ディスク装置に組み込まれ、そのコイル層 3 0 に記録電流が与えられると、上部・下部両コア層 3 2, 2 2 及びこれら両層と磁氣的に接続する上部・下部両磁極層 2 7, 2 5 に記録磁界が誘導され、媒体対向面 3 3 における磁気ギャップ G からの

漏れ磁界により矢印Z方向に回転走行する磁気記録媒体たる磁気ディスクに対し情報の書き込みが行われるようになっている。

【0010】

また、薄膜磁気ヘッド21の製造は、先ず、下部コア層22上の媒体対向面33から矢印Y方向に後退した位置にGd決め層23を形成し、次いで、図26に示すように、下部コア層22上にレジスト層34aを塗布形成してGd決め層23を覆い、このレジスト層34にフォトリソグラフィ技術を用いてGd決め層23に至る溝部34aと上述した持ち上げ層29に対応する孔（不図示）とを形成する。尚、Gd決め層23の表面の断面形状は、曲面であり、磁極部28よりも両側領域に延設されたGd決め層23の両延設部23a，23bの長さは、例えば各々9 μ m程度である。

【0011】

次に、図27に示すように、溝部34a内に電解メッキ法を用いて下部磁極層25とギャップ層26と上部磁極層27との3層を連続形成することによって積層構造体28を形成するとともに、前記孔内に図25で示した持ち上げ層29を同じく電解メッキ法を用いて形成する。

【0012】

次に、図30に示すように、下部コア層22上に絶縁層24を形成して磁極部28と持ち上げ層29とを覆い、絶縁層24をCMP法（ケミカル・メカニカル・ポリッシング法）によりC-C線まで研磨して平坦化し、次いで、図30に示すように、スパッタリング法、電解めっき法及びフォトリソグラフィ技術を組み合わせることにより、平坦化された絶縁層24上にコイル層30を形成する。

【0013】

そして、絶縁層24上に絶縁層31を形成してコイル層30を覆い、この絶縁層31上に上部コア層32をフレームめっき法等の方法でパターン形成する。以上のように、図24，図25に示す従来の薄膜磁気ヘッド21の要部の製造は完了する。

【0014】

上述の薄膜磁気ヘッド21は、上部磁極層27を上部コア層32と別体として形成することができるので、上部磁極層を有しない薄膜磁気ヘッドに比べ狭トラック幅を実現することができる。また、ギャップ決め絶縁層を有しているので、ギャップ深さを正確かつ任意に決めることが可能となる利点を有している。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、薄膜磁気ヘッドは、磁気ディスク装置の高密度化・大容量化に伴ってさらなる狭トラック化が要求されている。上述のトラック幅TW1はギャップ層26のトラック幅方向（図示X軸方向）の幅で決まる。そこで、さらなる狭ギャップ化に対応するためには、磁極部28の全体の幅を小さくすれば良い。磁極部28の全体の幅を小さくするためには、磁極部28を形成するための溝部34の幅Tを小さくする必要がある。

【0016】

しかしながら、磁極部28を形成するための溝部34の幅Tは、あまり小さくし過ぎるとフォトリソグラフィーによる解像度が極端に悪くなり精度よく形成することができない。例えば、フォトリソグラフィー技術で精度よく形成できるには、磁極部28を形成するための溝部34の幅Tが0.5 μ m程度とされる。

【0017】

そこで、磁極部28のトラック幅TW1をフォトリソグラフィー技術で精度よく形成できる幅よりも小さくする方法として、磁極部28を形成後、物理的（又は化学的）に側面部を削りTW1を細くする方法が考えられている。すなわち、図27に示すように、磁極部28を形成後レジスト層34を除去し、図28に示すように、磁極部28の側面28a面と28b面を斜め方向（矢印A方向及び矢印B方向）よりイオンミリング等の手法により、さらに削り込みトラック幅TW1を小さくする方法である。

【0018】

ところが、磁極部28の両側面28a、28bをイオンミリング法によりさらに削り込みトラック幅Tw1を0.4 μ mよりもさらに小さくしようとすると、

ギャップ層 2 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）のトラック幅 T W 1 が最も小さくならず、ギャップ層 2 6 より上に形成された上部磁極層のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が最も小さくなってしまふ。こうした現象は、図 2 9 に示すように、磁極部 2 8 よりも両側領域に延設された G d 決め層 2 3 の両延設部 2 3 a, 2 3 b が磁極部 2 8 の下方にシャドウを作り、イオン照射が磁極部のギャップ層 2 6 及び下部磁極層 2 5 に充分に行き渡らないことによると推測される。上部磁極層のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅にギャップ層のトラック幅方向の幅よりも小さい磁極部 2 8 で最もトラック幅方向の幅が小さい部分があると薄膜磁気ヘッドは、上部コア層 3 2 より上部磁極層に導入される記録磁界を磁気ギャップ G に集中させることができず、オーバーライト特性の点で問題があった。また磁極部 2 8 で最もトラック幅方向の幅が小さい部分すなわち、上部磁極層の最狭幅部で磁気漏れが発生しライトフリンジングも懸念される。

【 0 0 1 9 】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的はトラック幅方向におけるギャップ層の幅を小さく形成することができ、狭トラック化を可能とする薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することにある。

【 0 0 2 0 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の薄膜磁気ヘッドは、下部コア層と、前記下部コア層上又は前記下部コア層上に形成された下部磁極層上のギャップ層と、前記ギャップ層上に形成された上部磁極層と、前記上部磁極層上に形成された上部コア層と、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側の前記下部コア層上に、前記ギャップ層と前記上部磁極層との接合担面のハイト方向深さを決める G d 決め層とを有し、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

本発明では、上部磁極層と上部コア層を別体として形成しているので、下部コア層上のギャップ層と、ギャップ層上に形成された上部磁極層とからなる磁極部、又は下部コア層上に形成された下部磁極層上と、下部磁極上に形成されたギャ

ップ層と、ギャップ層上に形成された上部磁極層とからなる磁極部を幅狭でも精度よく形成することができる。また、Gd決め層を設けたことにより、ギャップ深さを正確かつ任意に決めることが可能となる

【0022】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層及び前記下部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有することが好ましい。本発明では、ギャップ層のトラック幅方向の幅が上記磁極部のトラック幅方向の幅のうち最も小さい部分を含んで形成しているので、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅TW、 $0.4\mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1\mu\text{m}$ ～ $0.4\mu\text{m}$ 程度を実現し、高記録密度の磁気記録を達成することができる。また、ギャップ層のトラック幅方向の幅が上部磁極層のトラック幅方向の幅以下又は上部磁極層のトラック幅方向の幅よりも小さいと、上部コアより上部磁極層に導入される記録磁界を磁気ギャップGへ集中させることができる。

【0023】

さらに、媒体対向面側からみて、上部磁極層は上部磁極層のトラック幅方向の幅が上部磁極層の膜厚方向にギャップ層から離れるに従い漸次大きくなるように形成されているとより好ましい。

【0024】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層及び前記下部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有することが好ましい。

【0025】

さらに、媒体対向面側からみて、下部磁極層は、下部磁極層のトラック幅方向の幅が下部磁極層の膜厚方向にギャップ層より離れるに従い漸次大きくなるように形成されていて、かつ上部磁極層は上部磁極層のトラック幅方向の幅が上部磁極層の膜厚方向にギャップ層から離れるに従い漸次大きくなるように形成されている。そして、ギャップ層は、ギャップ層のトラック幅方向の幅が磁極部のトラック幅方向の幅のうち最も小さい部分を含んで形成しているとより好ましい。

【 0 0 2 6 】

また、媒体対向面側からみて、下部磁極層のトラック幅方向の幅が下部磁極層の膜厚方向にギャップ層から離れるに従い漸次小さくなるように形成され、部磁極層のトラック幅方向の幅が上部磁極層の膜厚方向にギャップ層から離れるに従い漸次大きくなるように形成されていても良い。

【 0 0 2 7 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有し、前記下部磁極層のトラック幅方向の幅が前記ギャップ層のトラック幅方向の幅とほぼ同じであることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

また、媒体対向面側からみて、下部磁極層は、下部磁極層のトラック幅方向の幅が下部磁極層の膜厚方向に略一定で、ギャップ層のトラック幅方向の幅にほぼ等しく形成され、上部磁極層はトラック幅方向の幅が上部磁極層の膜厚方向にギャップ層から離れるに従い漸次大きくなるように形成されて、ギャップ層が磁極部トラック幅方向の幅が最も小さく形成された部分に配置されることが好ましい。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の最小の幅が $0.4 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW 、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ 程度を実現し、高記録密度の磁気記録を達成することができる。

【 0 0 3 1 】

また、前記下部磁極層の膜厚が $0.25 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲に設定されていることが好ましい。下部磁極層自身の体積を大きくとることで高記録密度の下における磁気飽和を抑制できる。また、上部磁極層より下部コア層へ発生する漏れ磁界によるライトフリンジングが防止される。

【 0 0 3 2 】

上記目的を達成するために本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部コア層上の媒体対向面となる面からギャップ深さ分だけハイト方向の位置にG d 決め層を形成するG d 決め層形成工程と、前記下部コア層上又は前記下部コア層上に形成された下部磁極層上のギャップ層と、前記ギャップ層上の上部磁極層とを形成する磁極部形成工程と、前記磁極部工程で形成された磁極部の媒体対向面からみた両側面にドライエッチングを施すエッチング工程とを有し、前記G d 決め層形成工程において、前記磁極部の両側領域に延設された前記G d 決め層の両延設部の幅を所定幅に設定することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、両側領域に延設されたG d 決め層の両延設部の幅Wを所望の所定長にすることが可能となる。また、エッチング工程において、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、両延設部によるシャドウ作用が抑制され、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅TWを実現する。

【 0 0 3 4 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記磁極部形成工程で形成された前記磁極部の両側領域に延設された前記G d 決め層の両延設部の幅を、各々0 μ m乃至4 μ mの範囲に設定することが好ましい。

【 0 0 3 5 】

さらに好ましくは、前記磁極部形成工程で形成された磁極部の両側領域に延設された前記G d 決め層の両延設部の幅を、各々1 μ m乃至4 μ mの範囲に設定することがより好ましい。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記磁極部形成工程の後、前記磁極部の両側領域に延設された前記G d 決め層の両延設部の幅を所望の長さに調整する工程を有することが好ましい。

【 0 0 3 7 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記磁極部形成工程の後、前記

磁極部の両側領域に延設された前記 G d 決め層の両延設部の幅を R I E（リアクティブ・イオン・エッチング）又は O₂ アッシングにより所望の長さに調整する工程を有することが好ましい。G d 決め層の両延設部の幅が所望の幅よりも長く形成しておき、後に不必要な延設部を除去し調整することで、G d 決め層の断面の表面形状がどの形状であっても、所望の G d 決め層の両延設部の幅とすることができる。

【 0 0 3 8 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記磁極部形成工程において、磁極部は下部磁極層と、ギャップ層と、上部磁極層とを順次メッキ積層することが好ましい。

【 0 0 3 9 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記磁極部形成工程において、磁極部はギャップ層と、上部磁極層とを順次積層することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記エッチング工程において、イオン照射の角度が、前記下部コア層に垂直な方向に対し、45°以上75°以下の傾きを有していることが好ましい。上記イオン照射角度 θ_2 を有することで、上部磁極層の高さ寸法を極端に減らすことなく、トラック幅を小さくすることができる。また、下部コア層の上面を所定の傾斜面とすることができる。

【 0 0 4 1 】

さらに、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前エッチング工程において、イオン照射の角度が、前記下部コア層に垂直な方向に対し、55°以上70°以下の傾きを有していることがより好ましい。

【 0 0 4 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の薄膜磁気ヘッドの実施形態を図1乃至図23に基づいて説明する。

【 0 0 4 3 】

図1は、本発明における第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッド1（インダクティ

ブヘッド)の構造を示す部分正面図、図2は図1に示す薄膜磁気ヘッド1を2-2線から切断し矢印方向からみた部分断面図である。

【0044】

本発明では、このインダクティブヘッドの下に、磁気抵抗効果を利用した再生用ヘッド(AMRヘッド、GMRヘッド、TMRヘッド等)が積層されていても良い。

【0045】

図1及び図2に示す符号2は、例えばFe-Ni系合金(パーマロイ)等の軟磁性合金で形成された下部コア層である。尚、前記下部コア層2の下側に再生用ヘッドが積層される場合、前記下部コア層2とは別個に、磁気抵抗効果素子をノイズから保護するシールド層を設けても良いし、あるいは前記シールド層を設けず、前記下部コア層2を前記再生用ヘッドの上部シールド層として機能させても良い。尚、図示はしていないが、下部コア層2のトラック幅方向(図示X軸方向)の両側には絶縁層が形成されている。

【0046】

また、図1に示すように、薄膜磁気ヘッド1の下部コア層2の上に積層形成されている符号3、符号5、符号6、符号7は、メッキ下地層3と、下部磁極層5と、ギャップ層6と、上部磁極層7とであり、これら下部磁極層5と、ギャップ層6と、上部磁極層7とは磁極部13を構成している。また、符号3は、メッキ下地層であり、磁極部13がメッキ形成される際メッキ成長の下地の機能を担う。尚、メッキ下地層3は形成されなくても良い。磁極部13は磁気ギャップGからトラック幅TWの漏れ磁界により媒体に対し情報の書き込みを行う。磁極部13は図2に示すように、媒体対向面14よりハイト方向(図示矢印Y方向)の奥側(薄膜磁気ヘッドの深さ方向ともいう。)で後述するギャップ深さ(Gd)決め層4まで延ばされている。

【0047】

また、図1に示すように、磁極部13の基端から延びる下部コア層2の上面40aはトラック幅方向(図示X軸方向)と平行な方向に延びて形成されていてもよく、あるいは、上部コア層12から離れる方向に傾斜する傾斜面40b、40

b が形成されていても良い。前記下部コア層 2 の上面に傾斜面 4 0 b, 4 0 b が形成されることで、ライトフリンジング（サイドフリンジング）の発生をより適切に低減させることができる。尚、角度 $\theta 1$ は、トラック幅方向に平行な平行線例えば 4 0 a と、傾斜面 4 0 b とのなす角である。傾斜面 4 0 b のなす角度 $\theta 1$ は、 2° よりも小さいと下部コア層と上部磁極層 7 との距離が小さくなり、ライトフリンジングの抑制効果をあまり期待できない。また、傾斜面 4 0 b のなす角度 $\theta 1$ は、 10° よりも大きいとライトフリンジングの抑制効果としては優れているが、下部コア層の体積の減少により、下方に形成した上記磁気抵抗効果素子にノイズを生じる恐れもある。そこで、上記角度 $\theta 1$ は、 2° から 10° であることが好ましい。

【 0 0 4 8 】

また、図 2 に示すように、下部コア層 2 上であって媒体対向面 3 3 よりハイト方向（矢印 Y 方向）奥側に形成された符号 4 はレジスト等の非磁性材料からなるギャップ深さ（G d）決め層（以下「G d 決め層」という。）である。上述のように、磁極部 1 3 が媒体対向面より G d 決め層 4 までハイト方向の奥側に延ばされるので、媒体対向面より上部磁極層 7 とギャップ層 6 の接合担面が G d 決め層 4 に接するまでの距離をギャップ深さ G d として決めることができる。尚、図 1 に示すように、ギャップ決め層 4 は、磁極部 1 3 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）両側に延設されており、破線でギャップ決め層 4 a, 4 b の両延部の形状を示す。

【 0 0 4 9 】

また、図 2 に示すように、下部コア層 2 上であって G d 決め層 4 よりさらにハイト方向（矢印 Y 方向）奥側に形成された符号 9 は、Fe-Ni 系合金（パーマロイ）等の軟磁性合金で形成された持ち上げ層である。図 1 及び図 2 に示すように、磁極部 1 3 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）両側、G d 決め層 4 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）両側及びハイト方向（矢印 Y 方向）奥側及び持ち上げ層 9 の周りはアルミナ等の絶縁材料等で絶縁層 8 が形成されている。そして、絶縁層 8 の上には符号 1 0 で示すコイル層が螺旋状に形成されており、コイル層 1 0 を覆うように例えば有機絶縁材料等の絶縁材料で形成された絶縁層 3 1 が形成

されている。

【0050】

また、図1及び2に示す符号12は、例えば、フレームメッキ法で形成されたFe-Ni系合金（パーマロイ）等の軟磁性合金からなる上部コア層である。上部コア層12の先端部12aは、上部磁極層7と磁氣的に結合されている。また、上部コア層12の基端部12bは持ち上げ層9及びメッキ下地層3を介して下部コア層2と磁氣的に接続されている。尚、上部コア層12は、図示しない絶縁層で覆われている。

【0051】

次に、上述した薄膜磁気ヘッド1の各層の詳細について順次説明する。

【0052】

下部コア層2は、Fe-Ni系合金（パーマロイ）等の軟磁性材料から形成され、フレームメッキ法等により形成される。

【0053】

メッキ下地層3は、スパッタ成膜等の手法により設けられ、下部コア層2と同じ材料でも良いし、異なる材料でも良い。また、単層の膜でも良いし、多層膜で形成されていてもどちらでも良い。

【0054】

下部磁極層5は、下部コア層2と磁氣的に接続されており、下部磁極層5は下部コア層2と同じ材質でも異なる材質で形成されていてもどちらでも良い。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでも良い。尚前記下部磁極層5の高さ寸法は、例えば0.25～0.5 μ m程度で形成される。下部磁極層5自身の体積を大きくすることで高記録密度の下における磁気飽和を抑制できる。また、上部磁極層7より下部コア層2へ発生する漏れ磁界によるライトフリンジングが防止される。尚、下部磁極層5は、下部コア層2の飽和磁束密度よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましく、このようにすると、磁気ギャップG近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能となる。

【0055】

ギャップ層6はアルミナ等の絶縁材料やNiP等の非磁性金属材料からなる非

磁性材料で形成される。また、本発明では図1に示すように、磁極部13のトラック幅方向（図示X軸方向）の幅が最も小さく形成された部分に配置された状態となっている。また、ギャップ層6は媒体対向面よりGd決め層4までハイト方向の奥側に延ばされるので、ギャップ深さ（Gd）が媒体対向面より上部磁極層7とギャップ層6の接合担面がGd決め層4に接するまでの距離として決められる。尚、ギャップ深さ（Gd）は、薄膜磁気ヘッドの電気特性に多大な影響を与えることから、予め所定の長さに設定される。ギャップ層6は非磁性金属材料で形成することが好ましい。ギャップ層6が非磁性金属材料で形成されると、下部磁極層5、ギャップ層6及び上部磁極層7を連続してメッキ形成し、磁極部13を容易に形成することができる。本発明では、上記非磁性金属として、NiP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種又は2種以上を選択することが好ましく、ギャップ層6は単層膜で形成されていても多層膜で形成されていてもどちらであっても良い。本実施の形態の薄膜磁気ヘッド1では、ギャップ層6のトラック幅方向（図示X軸方向）の最大寸法を、 $0.4\mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1\mu\text{m}\sim 0.4\mu\text{m}$ 程度とすることが可能となる。尚前記ギャップ層6の高さ寸法は、例えば $0.2\mu\text{m}$ 程度で形成される。

【0056】

次にギャップ層6上には、後述する上部コア層12と磁氣的に接続する上部磁極層7がメッキ形成されている。尚前記上部磁極層7は、上部コア層12と同じ材質で形成されていても良いし、異なる材質で形成されていても良い。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでも良い。尚前記上部磁極層7の高さ寸法は、例えば $2.4\mu\text{m}\sim 2.7\mu\text{m}$ 程度で形成されている。

【0057】

本発明の実施の形態では、図1及び図2に示すように、上部磁極層7は、Fe-Ni系合金等の軟磁性材料で形成された上層7a及び下層7bからなる2層構造とされ、下層7bがその後端部をGd決め層4に接触させ、上層7aがその後端部をGd決め層4上に延設させている。そして、下層7bの飽和磁束密度が上層7aの飽和磁束密度よりも高く設定されている。上部磁極層7がギャップ層6

に近くなるほど飽和磁束密度が大きくなる多層膜として形成すると、上部コア層 1 2 から流れてきた磁束を磁気ギャップ G 近傍に集中させることが容易となり、記録密度を向上させることが可能となる。尚、下層 7 b を厚く形成し、下層 7 b の後端部を G d 決め層 4 上に延設させ、下層 7 b に上層 7 a 及び上部コア層 1 2 を順次、積層しても良い。飽和磁束密度の大きな下層 7 b の体積が大きくなることからオーバーライト特性のさらなる向上を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

本発明では、磁極部 1 3 は、下部磁極層 5、ギャップ層 6 及び上部磁極層 7 の積層構造に限らない。すなわち、ギャップ層 6 と上部磁極層 7 からなる 2 層膜で形成されていても良い。また、媒体対向面からみて、磁極部のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅は、下部コア層のトラック幅方向の幅よりも小さく形成されていることが磁極部に磁束を集中させる上で好ましい。また、媒体対向面からみて、磁極部のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅は、上部コア層のトラック幅方向の幅よりも小さく形成されていることがより好ましい。

【 0 0 5 9 】

上述のように構成された磁極部 1 3 は、図 1 に示すように、媒体対向面 1 4 側からみて、下部磁極層 5 は、下部磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が下部磁極層 5 の膜厚方向（図示 Z 軸方向）にギャップ層 6 より離れるに従い漸次大きくなるように形成されている。また、上部磁極層 7 は、上部磁極層 7 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が上部磁極層 7 の膜厚方向（図示 Z 軸方向）にギャップ層 6 から離れるに従い漸次大きくなるように形成されている。また、ギャップ層 6 は、ギャップ層 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が磁極部 1 3 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅のうち最も小さい部分を含んで形成している。

【 0 0 6 0 】

媒体対向面から見て、磁極部のギャップ層が台形状となっている場合、ギャップ層の上面のトラック幅方向の幅と、ギャップ層の上面のトラック幅方向の幅との差は、 $0.1\mu\text{m}$ 以内であることが好ましい。上記範囲に設定すれば、ライトフリンジングを抑制し、オーバーライト特性を確保することができる。

【 0 0 6 1 】

また上述したように、磁極部 1 3 を構成する下部磁極層 5 及び上部磁極層 7 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層と同じ材質でも異なる材質で形成されてもどちらでも良いが、記録密度を向上させるためには、ギャップ層 6 に対向する下部磁極層 5 及び上部磁極層 7 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層の飽和磁束密度よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。このように下部磁極層 5 及び上部磁極層 7 が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

【 0 0 6 2 】

G d 決め層 4 は、下部コア層 2 上（メッキ下地層を介しても良い）に例えばレジスト等で形成されており、媒体対向面側及び持ち上げ層側に斜面部を有している。レジスト等の有機絶縁材料以外にも、アルミナ（ Al_2O_3 ）や SiO_2 等の無機絶縁材料、Cu 等の非磁性金属材料など非磁性材料であっても良い。また、G d 決め層は、図 2 に示すように、本実施の形態では台形断面形状を有しているが、G d 決め層 4 の表面を、図 3 に示すように例えば曲面形状で形成してもよく、図示した形状に限定されない。図 2 に示すように、G d 決め層の媒体対向面側の斜面部には、媒体対向面より上部磁極層 7 とギャップ層 6 の接合担面が延ばされ接している。従って、媒体対向面より上部磁極層 7 とギャップ層 6 の接合担面が G d 決め層 4 に接するまでの距離をギャップ深さ G d として決めることができる。尚、本発明の薄膜磁気ヘッドは、G d を精度良く決めるために、媒体対向面より延びてくる上部磁極層 7 とギャップ層 6 の接合担面の高さが、G d 決め層の高さ S よりも低い位置にあることが好ましい。

【 0 0 6 3 】

また、本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W は後述するようにイオンミリング等の手法により削られるので例えば、各々 $2 \sim 4 \mu m$ の範囲となっている。G d 決め層 4 のハイト方向（矢印 Y 方向）の最大の長さ R は、 $3 \sim 8 \mu m$ 程度が好ましい。また G d 決め層 4 の高さ方向（矢印 Z 方向）の最大の長さ S は、 $0.7 \sim 3 \mu m$ 程度が好ましい。

【 0 0 6 4 】

次に、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の G d 決め層と本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッド 1 の G d 決め層を比較する。図 2 4 に示すように、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の G d 決め層 2 3 の両延設部 2 3 a , 2 3 b の幅は各々 4 μ m 越えており、例えば 9 μ m 程度となっていた。すなわち、後述する製造方法により、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の G d 決め層 2 3 の表面の断面形状は曲面となっている。G d 決め層 2 3 の表面の断面形状が曲面とした理由は、G d 決め層 2 3 の表面と上部磁極層 7 の上面との間の体積をかせぐことにより、磁気飽和を緩和しいわゆる N L T S 特性又は P W 5 0 特性を向上させるねらいがあるためである。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の G d 決め層 2 3 が表面の断面形状を曲面形状として形成するために、後述するように磁極部が G d 決め層に載ったトラック幅方向の幅よりも十分に大きな G d 決め層 2 3 の両延設部 2 3 a , 2 3 b を有する必要があった。

【 0 0 6 6 】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、後述する製造方法で詳述するように、G d 決め層 4 の断面の表面形状がどの形状であっても、G d 決め層 4 の両延設部 4 a , 4 b を所定の幅 W とすることができる。すなわち、本発明の薄膜磁気ヘッドは、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 T W を形成しても、媒体対向面からみて、ギャップ層のトラック幅方向の幅に上部磁極層のトラック幅方向の幅よりも小さい部分を有する、すなわちトラック幅 T W の狭ギャップ化を達成することができる。

【 0 0 6 7 】

ここで、N L T S 特性とは、磁気ギャップで発生する漏れ磁界が記録媒体である磁気ディスクに直前に記録された磁気記録信号からヘッド側へ向けられて発せられる漏れ磁界の影響を受け、非線形的な歪みを生じて起こす位相進みのことである。また、P W 5 0 特性とは、再生波長の半値幅を測定したものであり、半値幅が小さければ小さいほど記録分解能が向上している。

【 0 0 6 8 】

上記のように、本発明の薄膜磁気ヘッドは、図 2 に示す G d 決め層 4 の表面の断面形状は曲面でも良い。すなわち、図 3 に示すように、G d 決め層 1 8 以外が上述の薄膜磁気ヘッド 1 と同じ薄膜磁気ヘッド 4 1 は、G d 決め層 1 8 の表面の断面形状とすることにより、トラック幅は狭ギャップであって、かつ上部磁極の体積がかせげることから、N L T S 特性や P W 5 0 特性の優れた薄膜磁気ヘッドとすることが可能である。

【 0 0 6 9 】

次に絶縁層 8 は、例えば、A l O, A l 2 O 3, S i O 2, T a 2 O 5, T i O, A l N, A l S i N, T i N, S i N, S i 3 N 4, N i O, W O, W O 3, B N, C r N, S i O N のうち少なくとも 1 種からなる絶縁材料で形成されていることが好ましい。また、絶縁層 8 の上面は、上部磁極層 7 と上部コア層 1 2 との接合面と同一平面とされている。

【 0 0 7 0 】

持ち上げ層 9 は、F e - N i 系合金等の軟磁性材料で形成されてなるもので、その上面は、上部磁極層 7 の上層 7 a と上部コア層 1 2 との接合面と同一平面とされている。また、持ち上げ層 9 は多層膜としたり、C u 等の導電性の良い材料を用いて形成することも可能である。

【 0 0 7 1 】

コイル層 1 0 は、C u 等の電気抵抗の低い導電材料からなる導電材料層 1 0 a と、この導電材料層 1 0 a を酸化から防止する N i 等からなる導電性保護層 1 0 b との 2 層構造で構成され、絶縁層 8 の上面上に平面視渦巻状に形成されている。コイル層 1 0 は、下部コア層 2 と上部コア層 1 2 との間に絶縁層介した状態で位置し、コイル層 1 0 に記録電流が与えられると、上部コア層 1 2, 下部コア層 2 及びこれら両層と磁氣的に接続する上部磁極層 7 及び下部磁極層 5 に記録磁界が誘導され、媒体対向面 1 4 における磁気ギャップ G からの漏れ磁界を発生させる。

【 0 0 7 2 】

絶縁層 1 1 は、ノボラック樹脂等の有機絶縁材料からなり、コイル層 1 0 と上

部コア層 1 2 との絶縁を確保している。

【0073】

上部コア層 1 2 は、Fe-Ni 系合金（パーマロイ）等の軟磁性材料から形成されてなるもので、その先端部が 1 2 a 媒体対向面 1 4 から後方（矢印 Y 方向）に引き込んだ位置に配置され、下部コア層 2 とメッキ下地層 3 と持ち上げ層 9 及び磁極部 1 3 とで磁気ギャップ G を有する磁気回路を構成している。

【0074】

尚、図 2 に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層が 1 層であるが、2 層又は 2 層以上で形成されていても良い。この場合、例えば前記下部コア層 2 上であって、磁極部 1 3 のハイト方向（矢印 Y 方向）後方の絶縁層 8 の中に絶縁をとった図示しないコイル層が埋められ、絶縁層 8 上にさらにコイル層 1 0 が形成されることになる。コイル層を多層化することにより、コイル層より発生する磁界を大きくでき高記録密度化が可能になる。また媒体対向面 1 4 から持ち上げ層 9 までの距離を短く設定することができるので短磁路となり、高周波における記録により有利になる。

【0075】

本発明の第 1 の実施の形態では、図 1 及び図 2 に示すように、上部コア層 1 2 の記録媒体との対向面側の先端面 1 2 a は、媒体対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に後退して形成されている。このように上部コア層 1 2 の先端面 1 2 a がハイト方向に後退して形成されることで、さらに効果的にサイドフリンジングの発生を抑制することができる。

【0076】

上述したように、本発明の第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッド 1 は、上部磁極層を上部コア層と別体として形成することができるので、狭トラック幅を実現することができる。さらに、ギャップ層 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が磁極部 1 3 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅のうち最も小さい部分を含んで形成しているので、フォトリソグラフィによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.4\ \mu\text{m}$ 程度を実現し、高記録密度の磁気記録を達成するこ

とができる。また、ギャップ層 6 のトラック幅方向の幅が上部磁極層のトラック幅方向の幅よりも小さいと、上部コア層 1 2 より上部磁極層に導入される記録磁界を磁気ギャップ G へ集中させることができる。

【 0 0 7 7 】

次に、薄膜磁気ヘッド 1 の製造方法について説明する。尚、図 4 に示すように、本発明の薄膜磁気ヘッドは、通常ウエハー上で多数個形成され切断して個々の薄膜磁気ヘッドとされる。例えば、ウエハーの所定の面を媒体対向面となる面（仮想面）1 4 a と設定し製造され、最終的に、個々の薄膜磁気ヘッドとなった際には、切断・研磨により 1 4 b の部分が除去され媒体対向面 1 4 が形成される。以後、媒体対向面となる面及び除去される部分の説明は割愛する。

【 0 0 7 8 】

先ず、図 4 に示すように、下部コア層 2 上にメッキ下地層 3 を形成する。尚、メッキ下地層はなくても良い。さらにメッキ下地層 3 上に G d 決め層 4 となる無機絶縁層 1 5 を成膜プロセスによって形成した後、無機絶縁層 1 5 上にさらに媒体対向面となる面からギャップ深さ分だけハイト方向の位置にレジスト層 1 6 を形成する。

【 0 0 7 9 】

次に、図 5 に示すように、レジスト層 1 6 をマスクとして無機絶縁層 1 5 をイオンミリングや R I E （リアクティブ・イオン・エッチング）等のドライエッチング法を用いて削り G d 決め層 4 を形成し、次いで、G d 決め層 4 上のレジスト層 1 6 を除去する。

【 0 0 8 0 】

また、媒体対向面となる面からギャップ深さ分だけハイト方向の位置に紫外線硬化樹脂等からなる有機絶縁層、例えばレジストを用いて G d 決め層 4 を図 6 に示すように直接矩形状に形成しても良い。

【 0 0 8 1 】

また、G d 決め層 4 を矩形状に形成した後、ポストバーク（熱処理）し、レジストにだれを生じさせ、Z 方向に向かうに従って媒体対向面から徐々に傾斜する曲面を形成しても良い。レジストの形状を決定後、G d 決め層 4 に紫外線を照射

して硬化させる。また、レジストにだれを生じさせ、Z方向に向かうに従って媒体対向面から徐々に傾斜する曲面とするには、G d 決め層 4 のハイト方向（矢印 Y 方向）の最大の長さ R に対して一定以上の長さが必要となる。このため、磁極部 1 3 のトラック幅方向の幅に対して約 1 2 ～ 2 0 倍もの大きさの G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W が必要となる。

【 0 0 8 2 】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図 7 及び図 8 に示すように両側領域に延設された G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W を所望の所定長にすることが望ましい。本第 1 の実施の形態では、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W を各々 4 μ m とした。例えばレジストを用いて G d 決め層 4 を図 6 に示すように直接矩形状に形成することにより、任意の G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W とすることが可能である。

【 0 0 8 3 】

G d 決め層 4 の両延設部の幅が所望の幅よりも長い場合には、図 7 及び図 8 に示すように、後述する製法等で形成された磁極部 1 3 をマスクとして（又所定長さを新たなマスクで覆い）磁極部 1 3 の両側領域に延設された G d 決め層 4 の両延設部 4 c, 4 d の幅 W a をイオンミリング等のエッチング手法により削り両延設部 4 a, 4 b の幅 W を調整しても良い。また、磁極部 1 3 をマスクにして（又は所定長さを新たなマスクで覆い）その両側領域に延設された G d 決め層 4 の両延設部 4 c, 4 b を O 2 アッシングや R I E（リアクティブ・イオン・エッチング）等の手段で除去し、所望の長さにする方法がある。尚、イオン・カップリング・プラズマリアクティブ・イオン・エッチングによる手法によれば、強い異方性のあるエッチングが可能であるので、より好ましい。上述の方法により、両延設部 4 a, 4 b の幅 W を全て削りとることも可能である。

【 0 0 8 4 】

従って、G d 決め層の両延設部の幅が所望の幅よりも長く形成しておき、後に不必要な延設部を除去し調整することで、G d 決め層の断面の表面形状がどの形状であっても、所望の G d 決め層の両延設部の幅とすることができる。例えば、図 3 に示す薄膜磁気ヘッドでも、G d 決め層の両延設部の幅を 4 μ m 以下とする

ことができる。

【 0 0 8 5 】

本発明の実施の形態では、以後 G d 決め層 4 にレジスト等の有機絶縁層を用いた例を示すこととする。尚、G d 決め層 4 を C u などの非磁性金属層で形成しても構わない。

【 0 0 8 6 】

次に、図 9，図 1 0 に示すように、メッキ下地層 3 上にレジスト層 1 7 を塗布形成して G d 決め層 4 を覆い、このレジスト層 1 7 にフォトリソグラフィ技術を用いて溝部 1 7 a を G d 決め層 4 に至るように形成するとともに、上述した持ち上げ層 9 に対応する孔 1 7 b を同じくフォトリソグラフィ技術を用いて形成する。このとき溝部 1 7 a の幅 T は、あまり小さくし過ぎるとフォトリソグラフィによる解像度が極端に悪くなり精度よく形成することができない。例えば、露光の光源の波長を i 線（波長 3 6 5 n m）を使用した場合のフォトリソグラフィ技術で精度よく形成できる限度が 0 . 5 μ m 程度とされ、例えば 0 . 4 μ m 以下とすることは精度上難しい。露光装置の露光の光源を変更しても精度の良い溝部を作る限界はいづれかにある。従って、上記溝部 1 7 a の幅 T は、磁極部の所定のトラック幅を概ね規制する幅規制部でもある。

【 0 0 8 7 】

次に、図 1 1，図 1 2 に示すように、溝部 1 7 a 内に電解メッキ法を用いて下部磁極層 5 とギャップ層 6 と上部磁極層 7 とを形成することによって磁極部 1 3 を形成する。

【 0 0 8 8 】

尚、下部磁極層 5 を形成しないで、下部コア層に、メッキ下地層（なくても良い）、ギャップ層、上部磁極層を形成して磁極部を形成しても良い。下部磁極層 5 を形成しない場合、イオンミリング等の手段で、上部磁極層 7 のギャップ層 6 を介して対向する部分を残して下部コア層 2 を削り込み、下部コア層の凸部をギャップ層の下に形成する方が、ライトフリンジング防止の点で好ましい。

【 0 0 8 9 】

また、磁極部 1 3 の形成と同時又は別に、孔 1 7 b 内に図 2 で示した持ち上げ

層 9 を同じく電解メッキ法を用いて形成し、次いで、図 1 3, 図 1 4 に示すように、メッキ下地層 3 上のレジスト層 1 7 を除去する。

【0090】

次に、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW を実現するためのエッチング工程について説明する。図 1 5, 図 1 6 に示す状態で、磁極部 1 3 が所定のトラック幅 TW となるようにエッチング法的一种である例えばイオンミリング法等により斜め方向（矢印 A, B 方向）からイオン照射角度 $\theta 2$ でイオン照射を行い磁極部 1 3 の両側面 1 3 a, 1 3 b 削り込む。ここで、イオン照射角度 $\theta 2$ は、下部コア層（又はウエハー基準面）に垂直な方向に対してなす角度である。また、イオン照射を行い磁極部 1 3 の両側面 1 3 a, 1 3 b 削り込むとともに又は、別に下部コア層 2 の上面を上述の傾斜面 4 0 b になるようにしても良い。尚、下部コア層 2 が削られることにより発生する磁性粉の再付着を防止するため、また、上述した傾斜面 4 0 b の角度 $\theta 1$ を所定の範囲とするために、イオン照射の際、イオン照射角度 $\theta 2$ を適切に設定する必要がある。

【0091】

本発明では、イオン照射の角度 $\theta 2$ を 45° 以上 75° 以下の範囲内とすることが好ましい。後述する実施例の知見によって、イオン照射角度 $\theta 2$ を 45° 以上 75° 以下とすることにより、磁極部 1 3 の側面 1 3 a, 1 3 b のエッチングレートは正值となり適切に削ることが可能となる。一方、上部磁極層 7 の上面は、イオン照射により削られるが、上部磁極層 7 の上面エッチングレートがイオン照射角度 $\theta 2$ 約 $40 \sim 45^\circ$ の範囲で最も大きくなり好ましくないので、イオン照射角度 $\theta 2$ は 45° 以上が良い。さらに、イオン照射角度 $\theta 2$ を 45° 以上 75° 以下とすることにより、下部コア層 2 の上面であって磁極部 1 3 のトラック幅方向両側のエッチングレートは正值となり適切に削れ、かつ再付着の恐れも少ない。

【0092】

さらに、本発明では、イオン照射角度 $\theta 2$ を 55° 以上 70° 以下とすることにより、後述する実施例の知見に示すように磁極部 1 3 の側面 1 3 a, 1 3 b の

エッチングレート、及び下部コア層 2 の上面であって磁極部 1 3 のトラック幅方向両側のエッチングレートは正值となり特に適切に削ることが可能となる。また、上述の通り、イオン照射角度 $\theta 2$ は 45° 以上であるので上部磁極層 7 の上面の削り量も小さく、上部磁極層を大きくできるため飽和しにくい構造とすることができる。また、イオンミリング等による再付着が少なくなる。

【 0 0 9 3 】

上述の通り、エッチング工程では、磁極部 1 3 の側面 1 3 a, 1 3 b のエッチング、及び下部コア層 2 の上面であって磁極部 1 3 のトラック幅方向両側のエッチングを同時に行っても良いが、別に行っても構わない。傾斜面 4 0 b を形成するため、下部コア層 2 の上面であって磁極部 1 3 のトラック幅方向両側のエッチングレートの最適な範囲と、磁極部 1 3 のトラック幅方向両側のエッチングを行うエッチングレートの最適な範囲が異なるからである。

【 0 0 9 4 】

例えば、最初にイオン照射角度 $\theta 2$ を 60° から 75° の範囲内として、磁極部 1 3 のトラック幅方向の両側 1 3 a, 1 3 b を削り、磁極部 1 3 のトラック幅方向の幅を小さくした後、イオン照射角度 $\theta 2$ を 45° から 60° の範囲内にかえて、下部コア層 2 の上面を削り、適切な傾斜面の角度 $\theta 1$ を有する傾斜面 4 0 b を形成しても良い。またその逆の順序でエッチングしてもよい。

【 0 0 9 5 】

以上詳述したエッチング工程により、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW を実現する。尚、露光装置の露光の光源を変更しても精度の良い溝部を作る限界はあり、本エッチング工程は露光装置の光源に限定されない。

【 0 0 9 6 】

特に本発明では、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W は従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 で示した G d 決め層 4 の延設部 2 3 a, 2 3 b よりも幅狭となっている。従って、上記イオン照射時に、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b によるシャドウ作用が抑制され、イオンミリング法等によるイオン照射が磁極部 1 3 のギャップ層 6 及び下部磁極層 5 に充分に行き渡る。例えば、本発明の実施の形態の

G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b のトラック幅方向 (図示 X 軸方向) の幅 W は、各 $4 \mu\text{m}$ 程度とされているのに対し、上述の理由により、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 の G d 決め層 4 の延設部 2 3 a, 2 3 b のトラック幅方法の幅 W は、 $4 \mu\text{m}$ より大きく、例えば $9 \mu\text{m}$ 程度とされていた。

【 0 0 9 7 】

従って、図 1 5 示すように、トラック幅方向 (図示 X 軸方向) において、磁極部 1 3 は、磁極部 1 3 のトラック幅方向の幅の中でギャップ層 6 の幅を最も小さく形成することができ、そのトラック幅 T w を従来よりも小さな、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下、すなわち $0.1 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ 程度の所定の設定に調整でき、例えば $0.2 \mu\text{m}$ や $0.3 \mu\text{m}$ とすることができる。

【 0 0 9 8 】

次に、図 1 5 に示すように、下部コア層 2 上に絶縁層 8 を形成して磁極部 1 3 と持ち上げ層 9 とを覆い、その後、絶縁層 8 を CMP 法 (ケミカル・メカニカル・ポリッシング) により C-C 線まで研磨して平坦化し、図 1 7 に示す状態とし、次いで、図 1 8 に示すように、スパッタリング法、電解めっき法及びフォトリソグラフィ技術を組み合わせることにより、平坦化された絶縁層 8 上にコイル層 1 0 を形成する。

【 0 0 9 9 】

そして、絶縁層 8 上に絶縁層 1 1 を形成してコイル層 1 0 を覆い、この絶縁層 1 1 上に上部コア層 1 2 をフレイムめっき法等の既存の方法でパターン形成する。以上のように、図 1, 図 2 に示す本発明の薄膜磁気ヘッド 1 の要部の製造が完了する。その後、図示しない絶縁層で覆われた上記薄膜磁気ヘッドのコイル層の引き回しや、外部端子を形成され、上述したように、個々の磁気ヘッドとして、切断・研磨され、磁気ヘッドが完成する。

【 0 1 0 0 】

尚、上述のエッチング工程で説明したように、イオンミリング等のイオン照射角度 $\theta 2$ の角度により、下部コア層を削ることが可能である。そこで、下部コア層 2 上に下部磁極層 5 を形成しないで、下部コア層に、メッキ下地層 (なくても良い)、ギャップ層、上部磁極層を形成して磁極部を形成した場合、上述したエ

ツチング工程のイオンミリング等の手段で、上部磁極層 7 のギャップ層 6 を介して対向する部分を残して下部コア層 2 を削り込み、下部コア層のみに隆起部である凸部をギャップ層の下に形成することができる。又は、磁極部 1 3 の両側面 1 3 a, 1 3 b 削り込む前に、下部コア層 2 に対してイオン照射をほぼ垂直 ($0^{\circ} \sim 15^{\circ}$) で下部コア層 2 のみを集中的に削り、その後上記イオン照射角度 $\theta 2$ で磁極部 1 3 の両側面を削っても良い。

【 0 1 0 1 】

上述のように構成・製造された第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッド 1 では、例えば浮上式磁気ヘッドに使用されて磁気ディスク装置に組み込まれ、薄膜磁気ヘッド 1 のコイル層 1 0 に記録電流が与えられると、上部コア層 1 2, 下部コア層 2 及びこれら両層と磁氣的に接続する上部磁極層 7 及び下部磁極層 5 に記録磁界が誘導され、媒体対向面 1 4 における磁気ギャップ G からの漏れ磁界により矢印 Z 方向に回転走行する磁気記録媒体たる磁気ディスクに対し従来の薄膜磁気ヘッドよりも狭いトラック幅で情報の書き込みが行われるようになっている。

【 0 1 0 2 】

次に第 2 の実施の形態を図 1 9 及び図 2 0 を用いて説明する。図 1 9 は、第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部及び G d 決め層の両延設部を示す部分平面図であり、図 2 0 は第 2 の実施の形態の薄膜ヘッドの磁極部を示す部分正面図である。尚、第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドは、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッド 1 と、磁極部 1 3 以外は同じである。

【 0 1 0 3 】

第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部 5 1 は、第 1 の薄膜磁気ヘッド 1 の磁極部 1 3 と同様にメッキ下地層 3 の上に下部磁極層 5、ギャップ層 6 及び上部磁極層 7 とで構成されている。

【 0 1 0 4 】

また、本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、イオンミリング等により削られることもあり、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W は各々 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ の範囲となっている。

【0105】

磁極部 5 1 は、図 2 0 に示すように、媒体対向面 1 4 側からみて、下部磁極層 5 は、そのトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が下部磁極層 5 の膜厚方向に略一定で、ギャップ層 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅にほぼ等しく形成され、上部磁極層 7 は、そのトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が上部磁極層 7 の膜厚方向にギャップ層 6 から離れるに従い漸次大きくなるように形成されて、ギャップ層 6 が磁極部 1 3 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が最も小さく形成された部分に配置された状態となる。このように本実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の最大寸法を、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.4\ \mu\text{m}$ 程度とすることが可能となる。従って、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと同じ作用効果を奏する。

【0106】

磁極部 5 1 の製造方法としては、G d 決め層 4 の形成工程において、図 1 9 に示すように、G d 決め層 4 の両延設部 4 a, 4 b の幅 W を各々 $1\ \mu\text{m}$ として形成する。磁極部 5 1 に上述したイオンミリングを施すと、下部磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅とギャップ層 6 の側面をほぼ均一に削ることが可能となる。

【0107】

第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと同様に、磁極部 5 1 が従来の薄膜磁気ヘッドよりも狭いトラック幅 T w で磁気記録媒体たる磁気ディスクに対し情報の書き込みを行うことができる。

【0108】

次に第 3 の実施の形態を図 2 1 及び図 2 2 を用いて説明する。図 1 9 は、第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの G d 決め層の磁極部を示す部分平面図であり、図 2 0 は第 3 の実施の形態の薄膜ヘッドの磁極部を示す部分正面図である。尚、第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドは、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッド 1 と、磁極部 5 2 以外は同じである。

【0109】

第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部 5 2 は、第 1 の薄膜磁気ヘッド 1

の磁極部 1 3 と同様にメッキ下地層 3 の上に下部磁極層 5、ギャップ層 6 及び上部磁極層 7 とで構成されている。

【0 1 1 0】

磁極部 5 2 は、図 2 2 に示すように、媒体対向面 1 4 側からみて下部磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が下部磁極層 5 の膜厚方向にギャップ層 6 から離れるに従い漸次小さくなるように形成されている。上部磁極層 7 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が上部磁極層 7 の膜厚方向（図示 Z 軸方向）にギャップ層 6 から離れるに従い漸次大きくなるように形成される。このように本実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 6 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の最大寸法を、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ 程度とすることが可能となる。従って、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと同じ作用効果を奏する。

【0 1 1 1】

磁極部 5 2 の製造方法としては、G d 決め層 4 の形成工程において、図 2 1 に示すように、トラック幅方向（図示 X 軸方向）に適当な長さの G d 決め層を形成しておき、磁極部 1 3 をマスクにしてその両側領域に延設された図示しない G d 決め層 4 の両延設部を O 2 アッシングや R I E（リアクティブ・イオン・エッチング）等の手段で、G d 決め層 4 の両延設部を削り込み、ほとんどなくしてしまう。その後、磁極部 5 2 に上述したイオンミリングを施すと、図 2 2 に示すように、媒体対向面 1 4 側からみて、下部磁極層 5 とギャップ層が削られ、下部磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が下部磁極層 5 の膜厚方向（図示 Z 軸方向）にギャップ層 6 から離れるに従い漸次小さくなるように形成される。また、上部磁極層 7 は、上部磁極層 7 のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が上部磁極層 7 の膜厚方向（図示 Z 軸方向）にギャップ層 6 から離れるに従い漸次大きくなるように形成される。

【0 1 1 2】

第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと同様に、磁極部 5 2 が従来の薄膜磁気ヘッドよりも狭いトラック幅 T_w で磁気記録媒体たる磁気ディスクに対し情報の書き込みを行うことができる。

【 0 1 1 3 】

ここで、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと第 2 の薄膜磁気ヘッドとを比較すると、第 2 の薄膜磁気ヘッドよりも第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの方が下部磁極層 5 を大きな体積で形成することができるので磁気飽和しにくく、オーバーライト特性が良い高記録密度を達成する薄膜磁気ヘッドを実現する。

【 0 1 1 4 】

また、従来の薄膜磁気ヘッド 2 1 と、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと、第 2 の薄膜磁気ヘッドとを比較すると、G d 決め層を形成する工程で、G d 決め層の両延設部の大きさを $4 \mu\text{m}$ 以下とすることにより、磁極部のトラック幅方向の幅のうち最も幅狭となる領域がギャップ層に移動することが分かる。従って、G d 決め層形成工程において、磁極部の両側領域に延設された G d 決め層の両延設部の幅を所定幅に設定することにより、トラック幅 TW を調整することができる。

【 0 1 1 5 】

また、第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと第 3 の薄膜磁気ヘッドとの比較、及び第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドと第 3 の薄膜磁気ヘッドとの比較をすると、同様に第 3 の薄膜磁気ヘッドよりも第 1 及び第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの方が下部磁極層 5 を大きな体積で形成することができるので磁気飽和しにくく、ライトフリンジングも防止された高記録密度を達成する薄膜磁気ヘッドを実現する。

【 0 1 1 6 】

従って、磁気ディスクに対し十分な情報の書き込みを行う上で、G d 決め層の両延設部の幅 W をイオンミリング等のエッチング工程を行う前に各々 $1 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ の範囲に設定することが好ましい。従って、上述したイオンミリング等のエッチングを行った後では、G d 決め層 4 の両延の幅 W も若干削られるが例えば各々 $0.5 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ の範囲となる。

【 0 1 1 7 】

上述の様に、本発明の薄膜磁気ヘッドは、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW を

実現し、高記録密度の磁気記録を達成することができる。

【0118】

【実施例】

本実施例では、上記第1の実施の形態で詳述した薄膜磁気ヘッドを形成した。尚、本実施例の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、上記第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法と同じである。

【0119】

本実施例では、図15に示すエッチング工程で行われるイオンミリングにおいて、イオン照射と、任意の場所でのエッチングレートとの関係を調べた。図9に示すように、磁極部13のトラック幅方向は、上記溝部17aの幅Tにより、磁極部の所定の幅として概ね規制されている。本実施の形態では、幅Tは0.55～0.6 μm の範囲内であった。また、前記溝部17aの高さ寸法は4～4.2 μm であった。

【0120】

次に、図11及び12に示すように磁極部13を形成し、溝部17aのレジストを剥離し、イオン照射角度 θ_2 でイオン照射した。

【0121】

図23はイオン照射角度と、磁極部両側面でのエッチングレートと、上部磁極層の上面でのエッチングレートと、上部磁極部両側方向の下部コア層の上面のエッチングレートとを各々イオン照射角度 θ_2 を変化させて測定した結果である。

【0122】

図23に示すように、イオン照射角度 θ_2 が大きくなると、磁極部13の両側面13a, 13bでのエッチングレートEが直線的に大きくなる。イオン照射角度 θ_2 が0°以上40°以下の範囲内では、磁極部13の両側面13a, 13bでのエッチングレートEが負値となり、イオンミリングによる再付着が発生してしまっていることが分かる。磁極部13の両側面を削り込むには、エッチングレートが正值であることが必要であるので、イオン照射角度 θ_2 が40°以上であることが必要である。

【 0 1 2 3 】

次に、上部磁極層の上面でのエッチングレートGは、図23によると、イオン照射角度 θ_2 が $40^\circ \sim 45^\circ$ 程度で最も大きくなり、イオン照射角度 θ_2 が 45° 以上となると、徐々にエッチングレートGが小さくなることが分かる。

【 0 1 2 4 】

エッチングレートGは、どのイオン照射角度 θ_2 においても正值であり、上部磁極層7の上面が削られている。磁気飽和を防ぐためには十分な体積の上部磁極層が必要であるので、上部磁極層7の上面は削られない方が好ましい。

【 0 1 2 5 】

上部磁極部両側方向の下部コア層の上面のエッチングレートFは、イオン照射角度 θ_2 が大きくなると、直線的に小さくなり、特にイオン照射角度 θ_2 が 75° 以上となると、エッチングレートFは、負値となる。エッチングレートFが負値であると、磁極部13により削り出された磁性粉等が付着してしまう。従って、上部磁極層からのライトフリンジング等が問題となってくる。

【 0 1 2 6 】

以上の結果より、本実施例では、イオン照射の角度 θ_2 を 45° 以上 75° 以下の範囲内とすることとした。イオン照射角度 θ_2 を 45° 以上 75° 以下とすることにより、磁極部13の側面13a, 13bのエッチングレートEは正值となり適切に削ることが可能となる。磁極部13のトラック幅方向の幅は、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下になった。

【 0 1 2 7 】

一方、上部磁極層7の上面は、イオン照射により削られるが、上部磁極層7の上面エッチングレートGがイオン照射角度 θ_2 約 $40 \sim 45^\circ$ の範囲で最も大きくなり好ましくないので、イオン照射角度 θ_2 は 45° 以上とした。本実施例では、磁極部13の高さは、 $3.3 \sim 3.5 \mu\text{m}$ となった。

【 0 1 2 8 】

さらに、イオン照射角度 θ_2 を 45° 以上 75° 以下とすることにより、下部コア層2の上面であって磁極部13のトラック幅方向両側のエッチングレートは正值となり適切に削れ、かつ再付着もなく、上記下部コア層2の上面40bの傾

斜角度 $\theta 1$ を 2° 以上 10° 以下にすることができた。

【0129】

さらに、本実施例では、イオン照射角度 $\theta 2$ を 55° 以上 70° 以下とすることにより、磁極部 13 の側面 13 a, 13 b のエッチングレート E、及び下部コア層 2 の上面であって磁極部 13 のトラック幅方向両側のエッチングレート F は正值となり特に適切に削ることが可能となることが分かった。また、上述の通り、イオン照射角度 $\theta 2$ は 45° 以上であり、上部磁極層 7 の上面でのエッチングレート G が小さいので、削り量も小さく、上部磁極層を大きくできるため上部磁極層を飽和しにくい構造とすることができると分かった。

【0130】

本実施例では、イオン照射角度 $\theta 2$ を 70° としてエッチング工程を実施した。その結果、媒体対向面からみた本実施例の薄膜磁気ヘッドの磁極部の形状は、図 1 に示した形状となる。トラック幅 TW を計測したところ、 $0.2 \mu\text{m}$ であった。

【0131】

【発明の効果】

本発明は以上説明したような形態で実施され、以下のような効果を奏する。本発明の薄膜磁気ヘッドは、下部コア層と、下部コア層上又は前記下部コア層上に形成された下部磁極層上のギャップ層と、ギャップ層上に形成された上部磁極層と、上部磁極層上に形成された上部コア層と、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側の前記下部コア層上に、前記ギャップ層と前記上部磁極層との接合担面のハイト方向深さを決める G d 決め層とを有し、媒体対向面からみて、前記ギャップ層のトラック幅方向の幅に上部磁極層のトラック幅方向の幅以下の部分を有し、上部磁極層を上部コア層と別体として形成することができる。また、狭トラック幅を実現することができる。さらに、ギャップ層のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅が磁極部のトラック幅方向（図示 X 軸方向）の幅のうち最も小さい部分を含んで形成しているので、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 TW、 $0.4 \mu\text{m}$ 以下、例えば $0.1 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ 程度を実現し、高記録密度の磁気記録を

達成することができる。また、ギャップ層 6 のトラック幅方向の幅が上部磁極層のトラック幅方向の幅よりも小さいと、上部コア層 1 2 より上部磁極層に導入される記録磁界を磁気ギャップ G へ集中させることができる。

【 0 1 3 2 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、両側領域に延設された G d 決め層の両延設部の幅 W を所望の所定長にすることが可能となる。また、エッチング工程において、フォトリソグラフィーによる解像度すなわち、両延設部によるシャドウ作用が抑制され、露光現像するレジストの分解能の限界値以上に狭いトラック幅 T W を実現する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図。

【図 2】

図 1 の 2 - 2 線に沿う部分断面図。

【図 3】

本発明の薄膜磁気ヘッドの G d 決め層の他の例を説明する部分断面図。

【図 4】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、無機絶縁層を下部コア層上に形成する方法を説明する断面図。

【図 5】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、無機絶縁層の G d 決め層を形成する方法を説明する断面図。

【図 6】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、有機絶縁層の G d 決め層を形成する方法を説明する断面図。

【図 7】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、G d 決め層の両延部を所定幅に調整する方法を説明する部分正面図。

【図 8】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、G d 決め層の両延部を所定幅に調整する方法を説明する部分断面図。

【図 9】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、磁極部の形成するための溝部を説明する部分正面図。

【図 1 0】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、磁極部の形成するための溝部を説明する部分断面図。

【図 1 1】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、磁極部の形成を説明する部分正面図。

【図 1 2】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、磁極部の形成を説明する部分断面図。

【図 1 3】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、溝部を除去した後を説明する部分正面図。

【図 1 4】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、溝部を除去した後を説明する部分断面図。

【図 1 5】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、磁極部側面をエッチングする方法を説明するための部分正面図。

【図 1 6】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、絶縁層を削り込む前の状態を示す部分断面図。

【図 1 7】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、絶縁層を削り込み

平坦化した状態を示す部分断面図。

【図 1 8】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、絶縁層上にコイル層を形成した状態を示す部分断面図。

【図 1 9】

第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部及び G d 決め層の両延設部を示す部分平面図。

【図 2 0】

図 1 9 に示す第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部を示す部分正面図。

【図 2 1】

第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの磁極部を示す部分平面図。

【図 2 2】

図 2 1 に示す磁極部の両側面を削り込んだ状態を示す部分正面図。

【図 2 3】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する図であって、エッチングレートとをイオン照射角度 θ の関係を示す関係図。

【図 2 4】

従来の薄膜磁気ヘッドの部分正面図。

【図 2 5】

図 2 4 の 2 5 - 2 5 線に沿う断面図。

【図 2 6】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、下部コア層上に形成したレジスト層に溝部を形成した状態を示す部分正面図。

【図 2 7】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、レジスト層に設けた溝内に磁極部を形成した状態を示す部分正面図。

【図 2 8】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、下部コア層上

のレジスト層を除去した状態を示す部分正面図。

【図 2 9】

図 2 8 の平面図。

【図 3 0】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、磁極部の両側面を削り込んだ状態を示す部分正面図。

【図 3 1】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、下部コア層上に絶縁層を形成した状態を示す断面図。

【図 3 2】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための図であって、絶縁層を削り込み平坦化した状態を示す断面図。

【図 3 3】

従来の薄膜磁気ヘッドの課題を説明するための部分正面図。

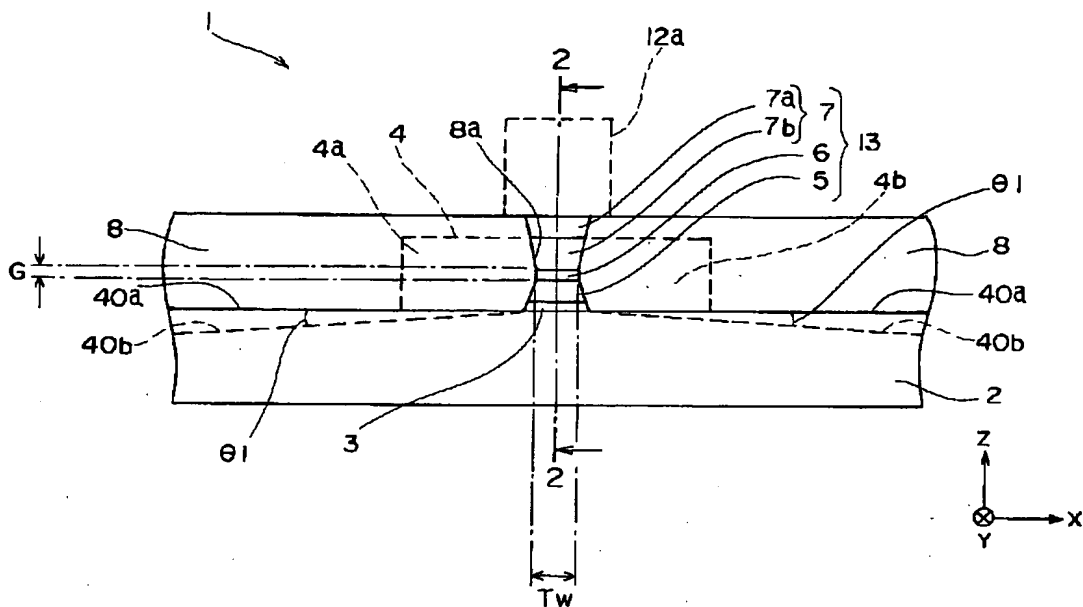
【符号の説明】

- 1 薄膜磁気ヘッド
- 2 下部コア層
- 3 メッキ下地層
- 4 G d 決め層
- 4 a 延設部
- 4 b 延設部
- 5 下部磁極層
- 6 ギャップ層
- 7 上部磁極層
- 8 絶縁層
- 8 a 溝部
- 8 b 孔部
- 9 持ち上げ層
- 1 0 コイル層

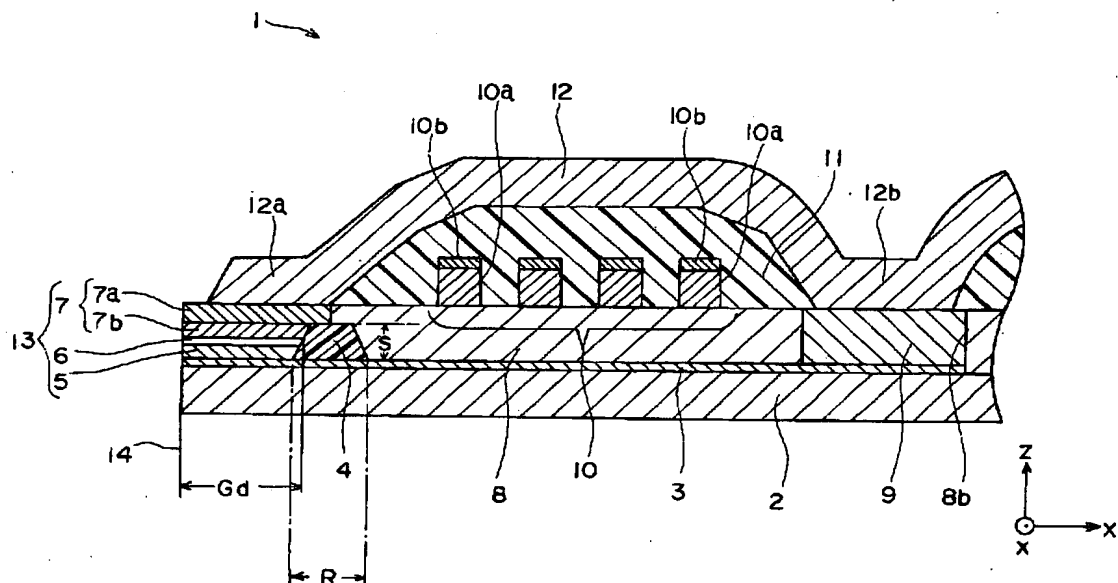
- 1 0 a 導電材料層
- 1 0 b 導電性保護層
- 1 1 絶縁層
- 1 2 上部コア層
 - 1 2 a 先端部
 - 1 2 b 後端部
- 1 3, 5 1, 5 2 磁極部
 - 1 3 a 側面
 - 1 3 b 側面
- 1 4 媒体対向面
- 1 5 無機絶縁層
- 1 6 レジスト層
- 1 7 レジスト層
 - 1 7 a 溝部
 - 1 7 b 孔

【書類名】 図面

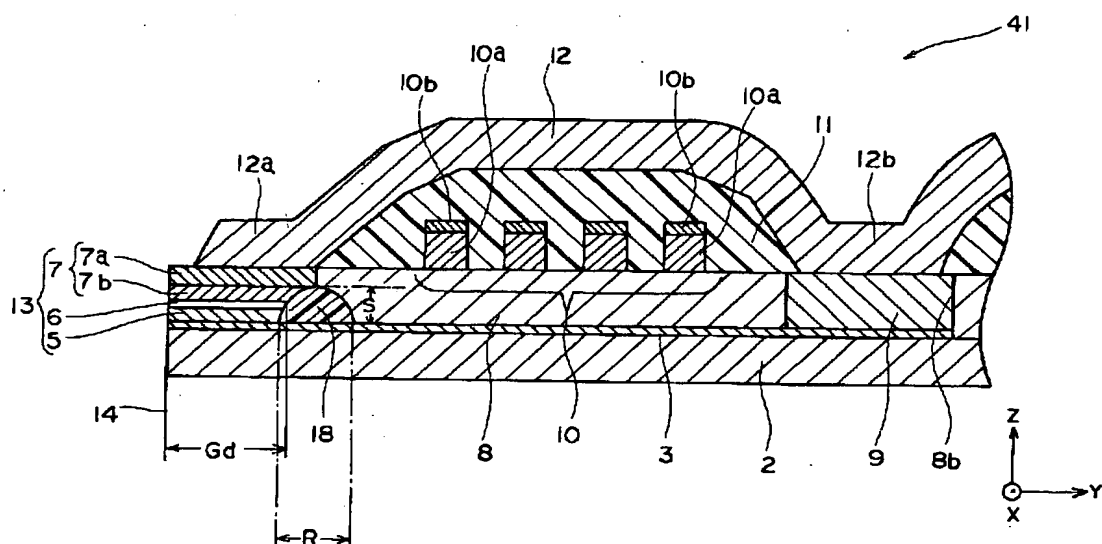
【図 1】



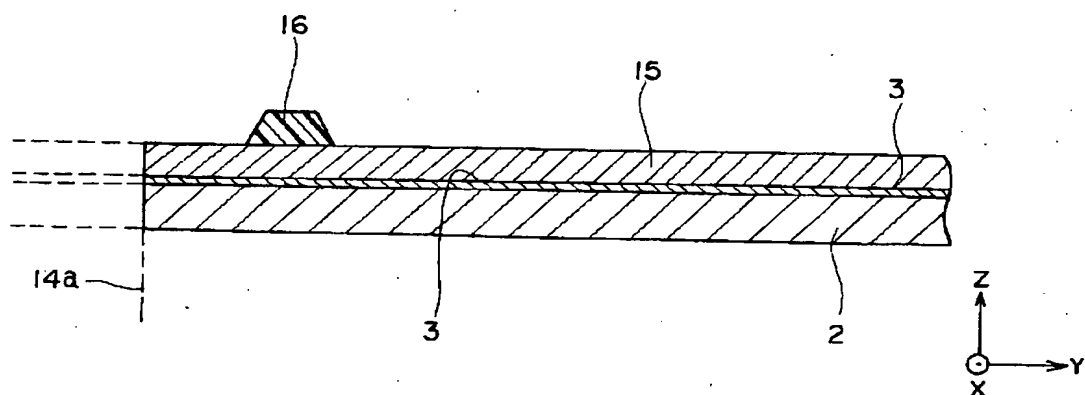
【図 2】



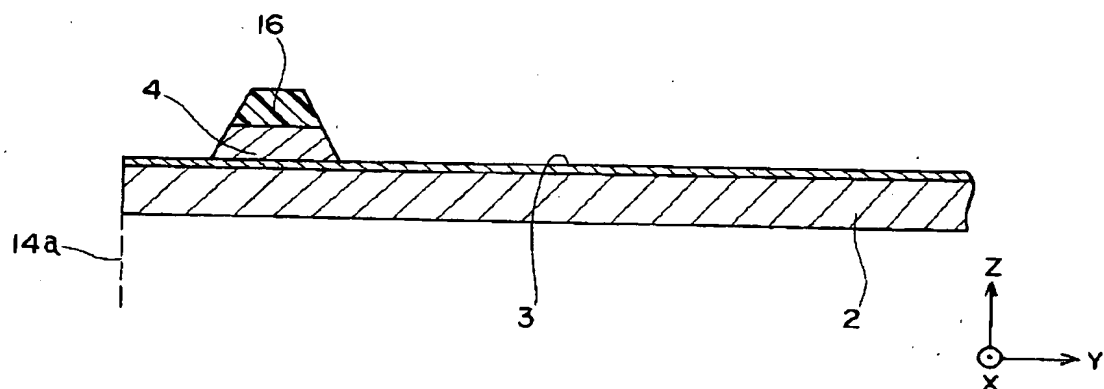
【図 3】



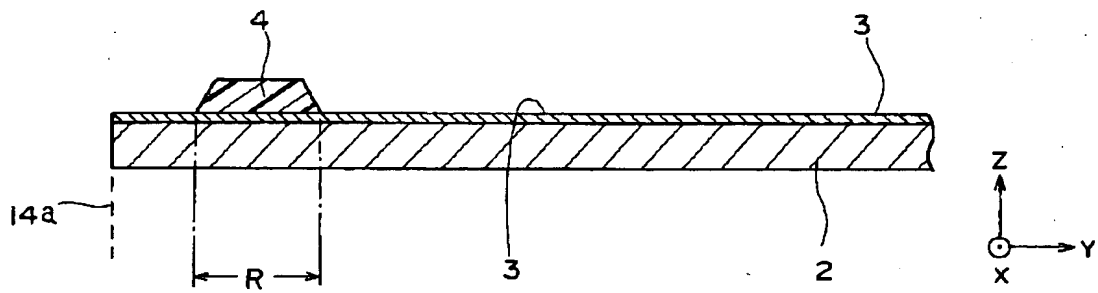
【図 4】



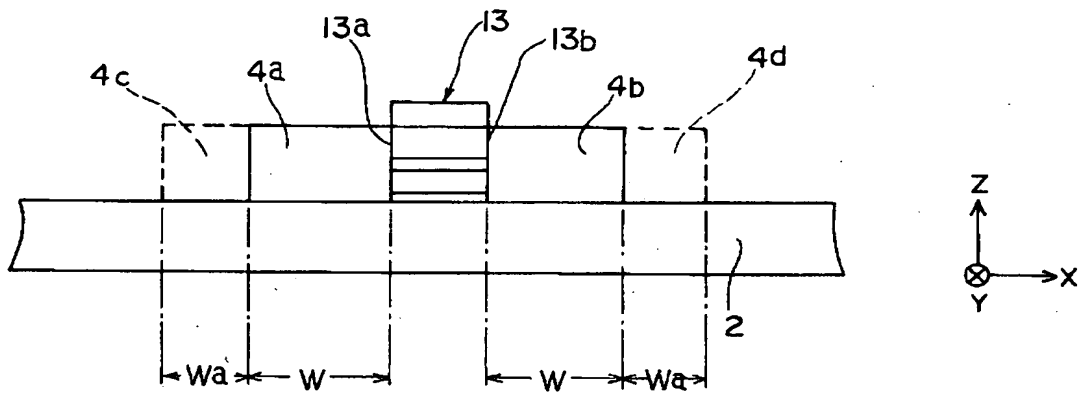
【図 5】



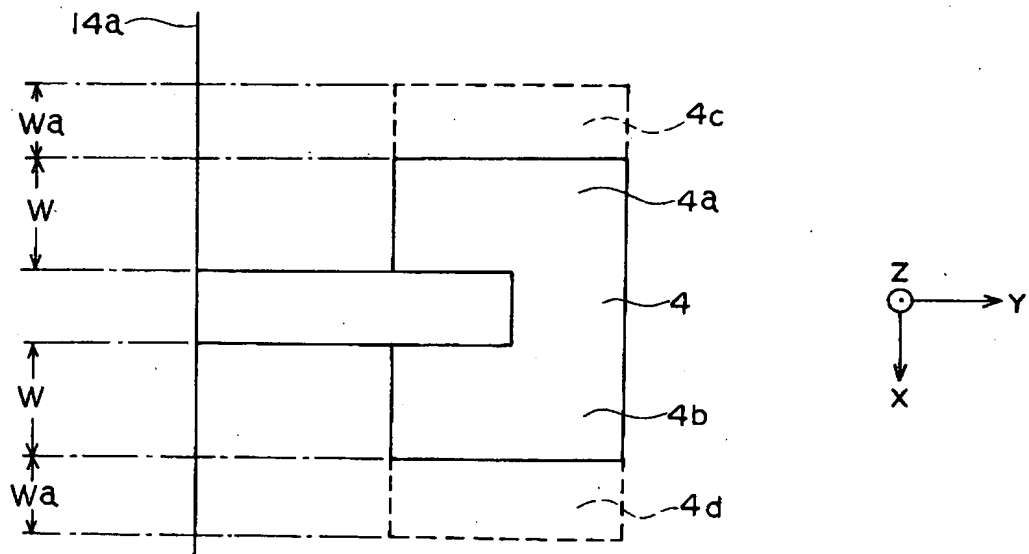
【図 6】



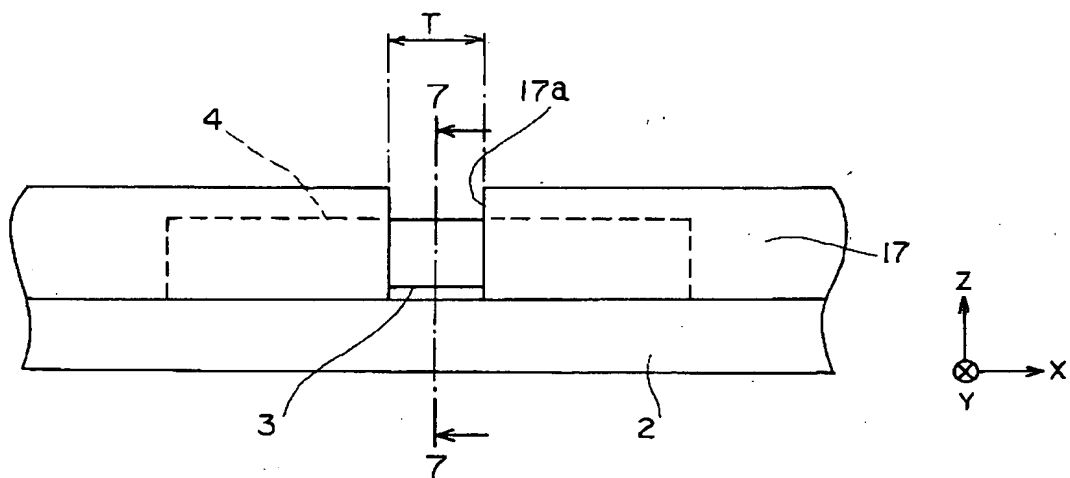
【図 7】



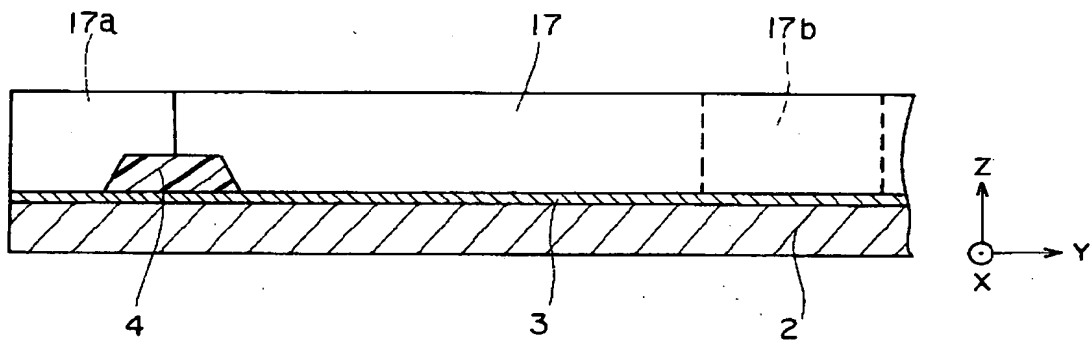
【図 8】



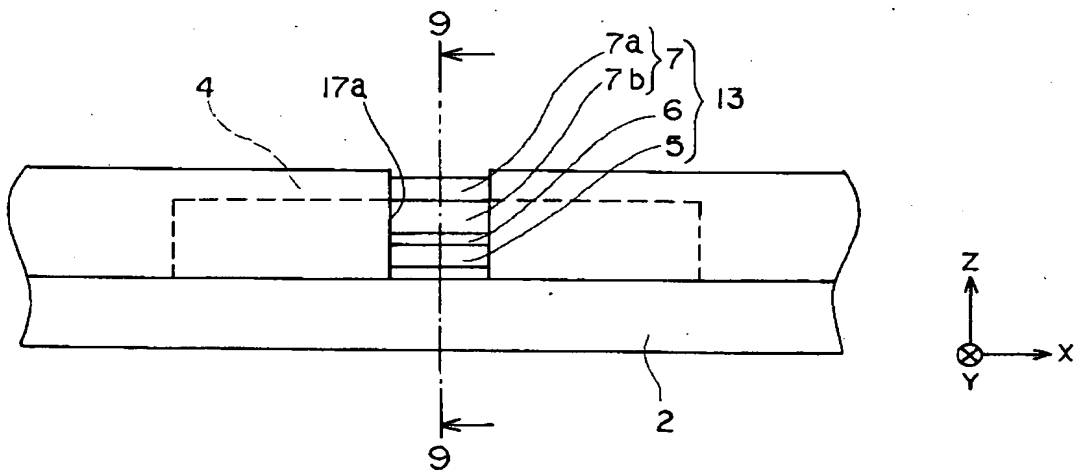
【図 9】



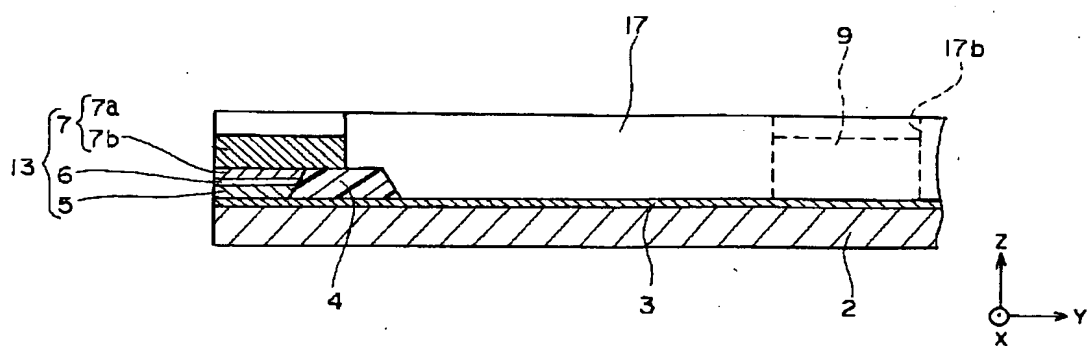
【図 10】



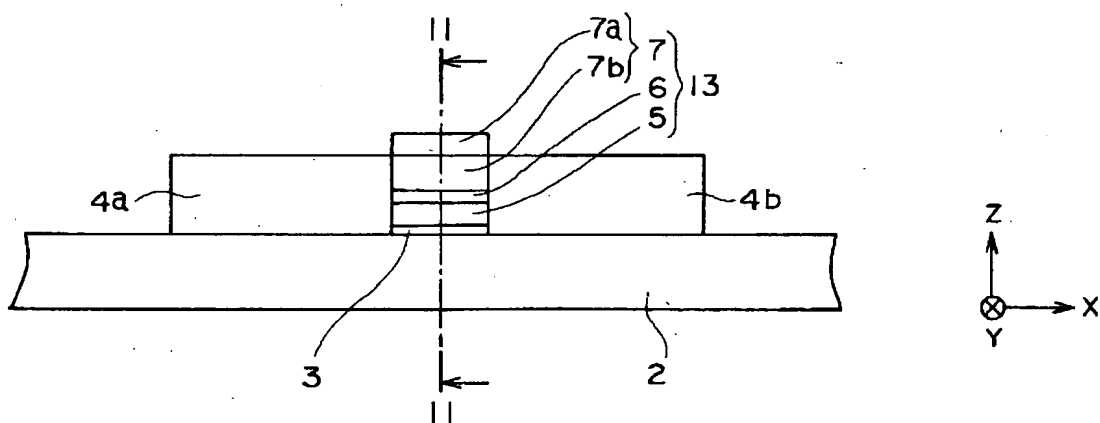
【図 11】



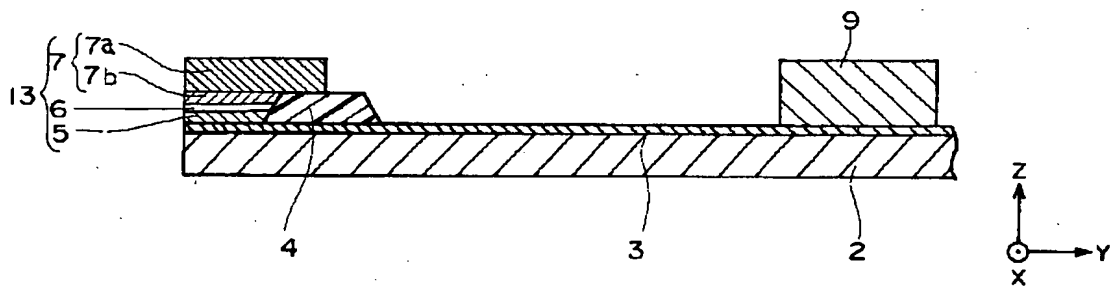
【図 12】



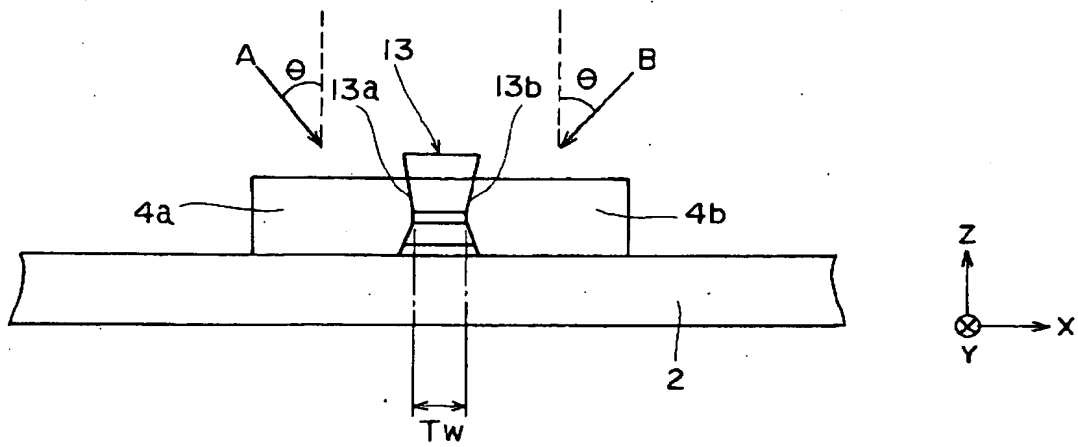
【図 13】



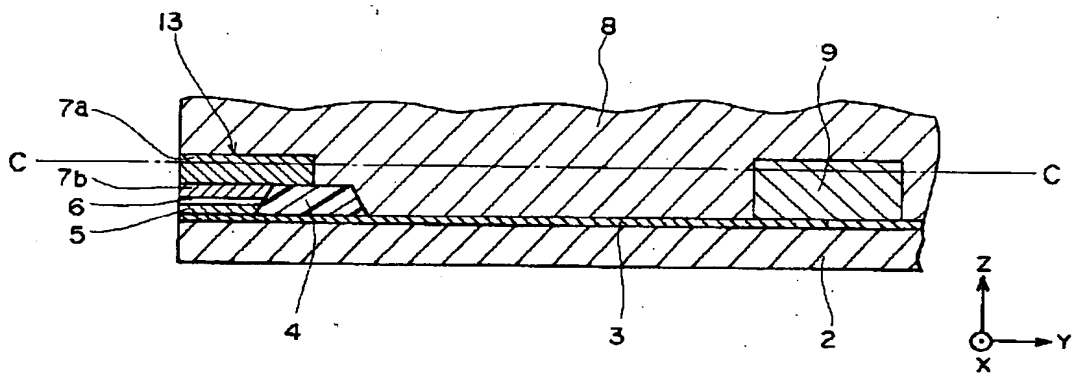
【図 14】



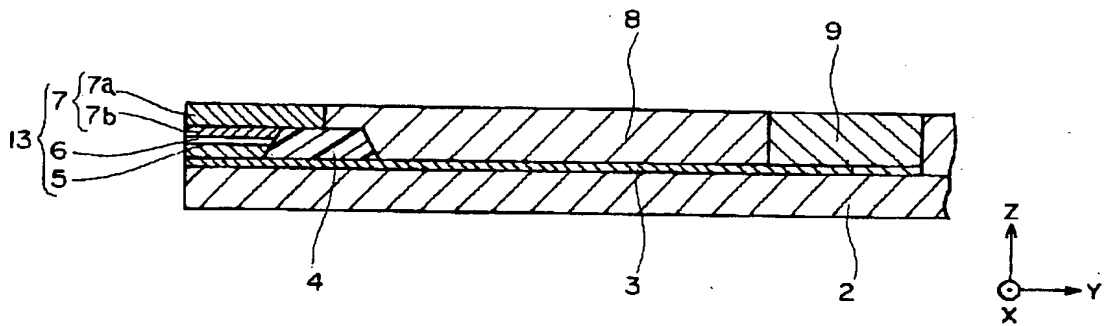
【図 15】



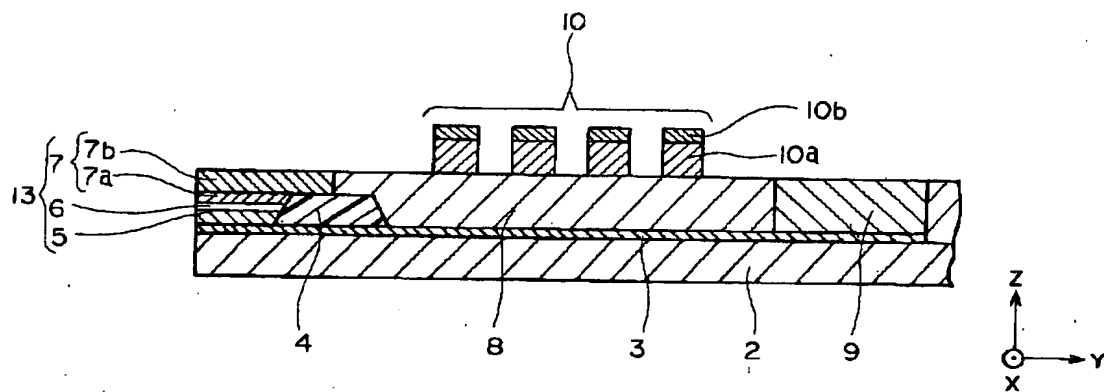
【図 16】



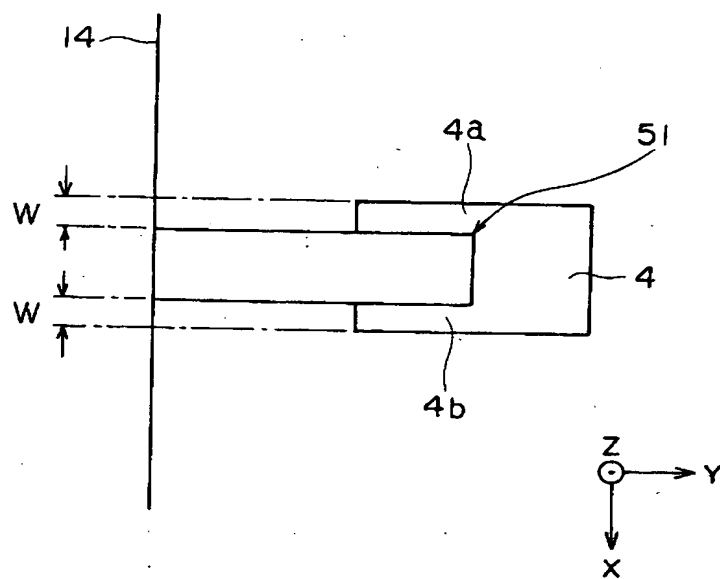
【図 17】



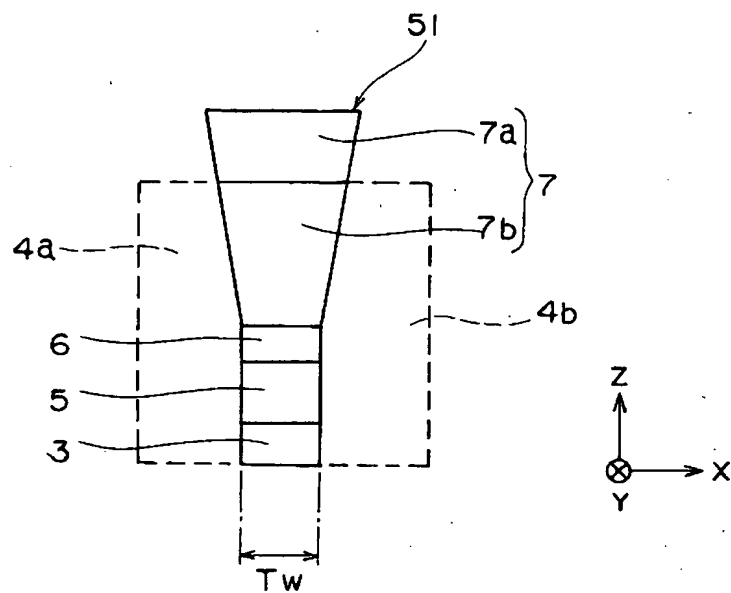
【図 1 8】



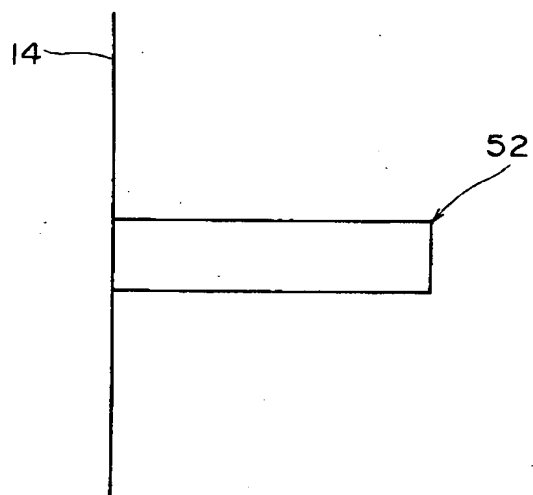
【図 1 9】



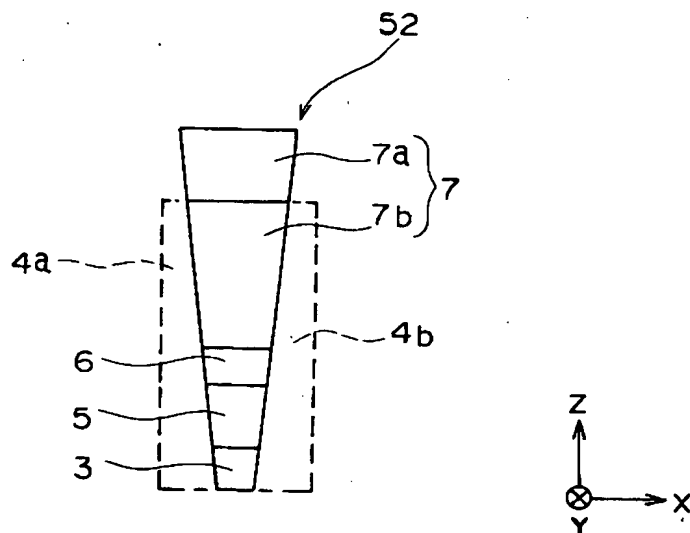
【図 2 0】



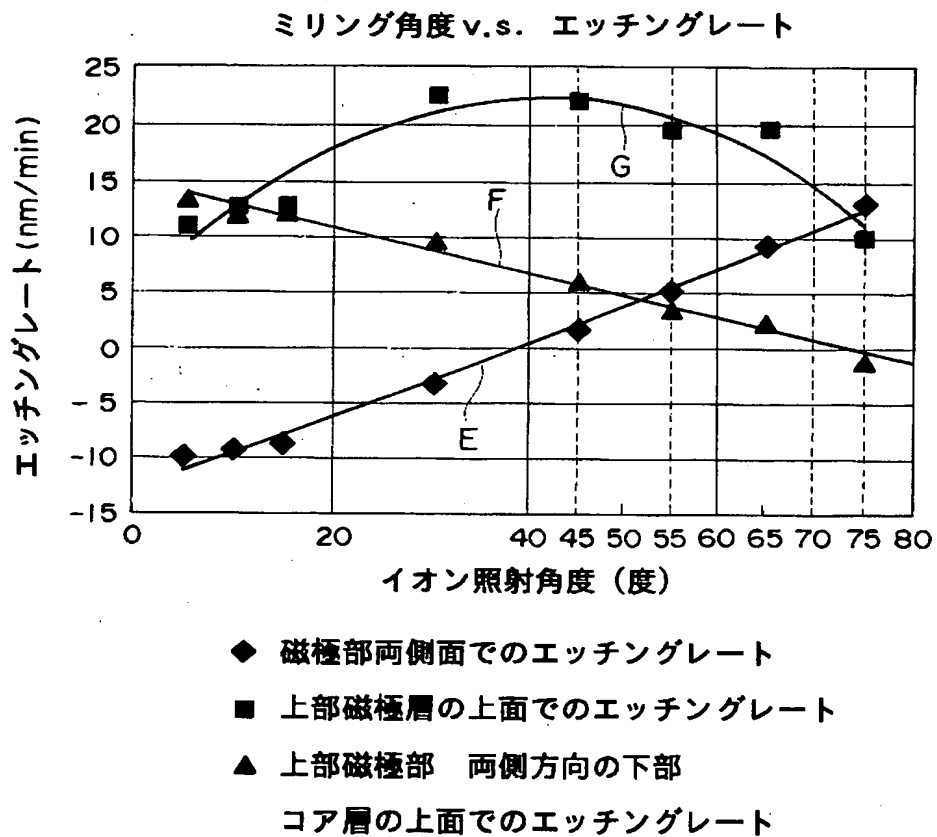
【図 2 1】



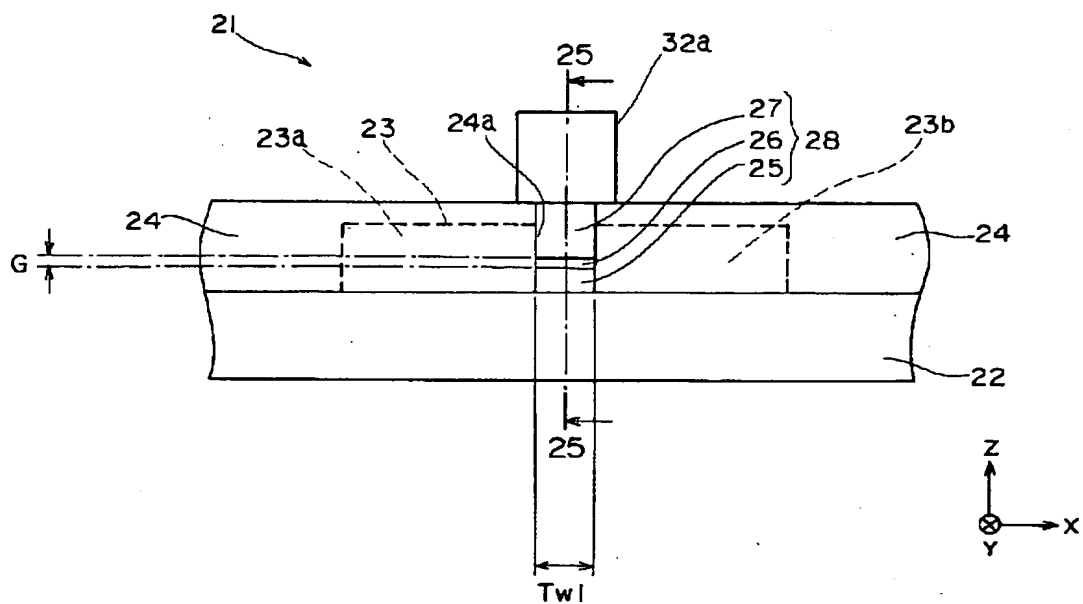
【図 2 2】



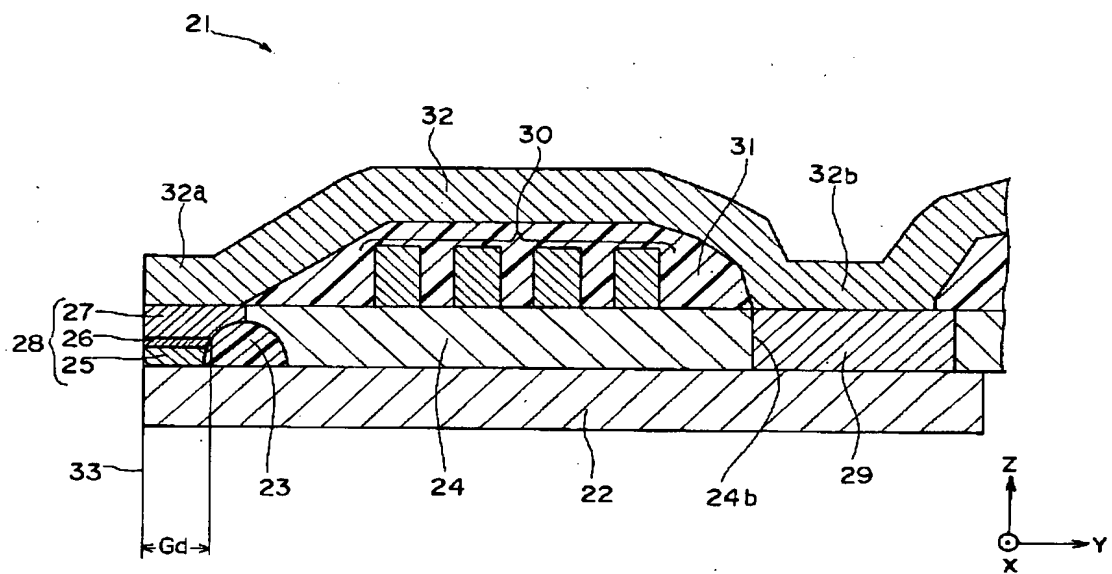
【図 2 3】



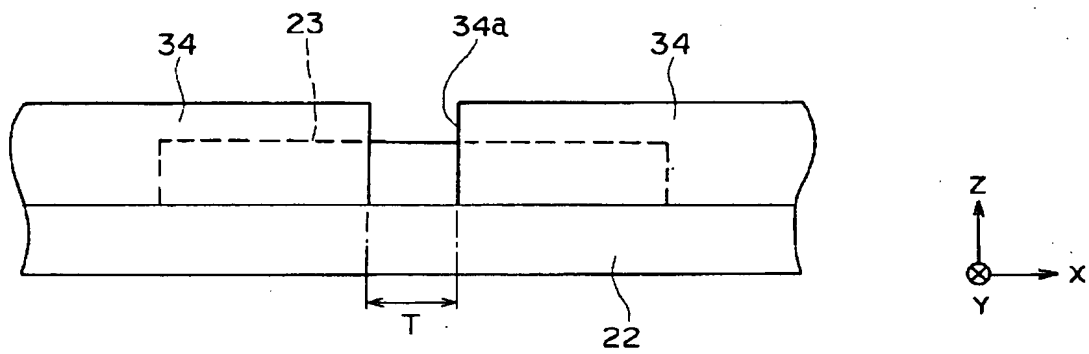
【図 24】



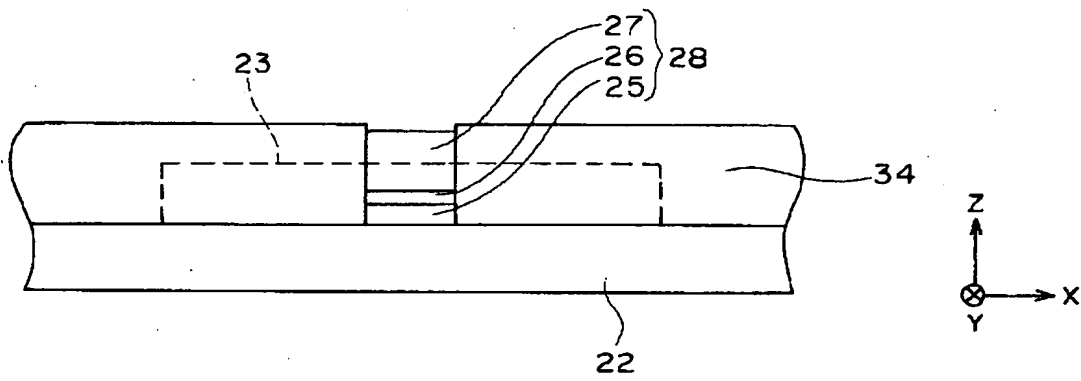
【図 25】



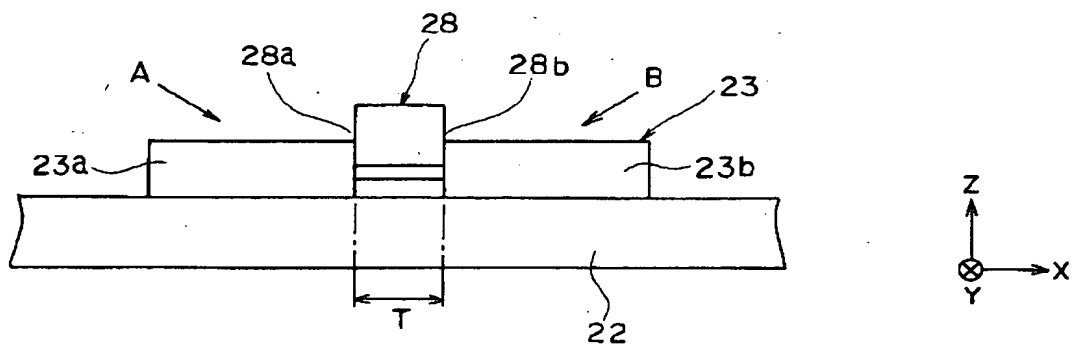
【図 26】



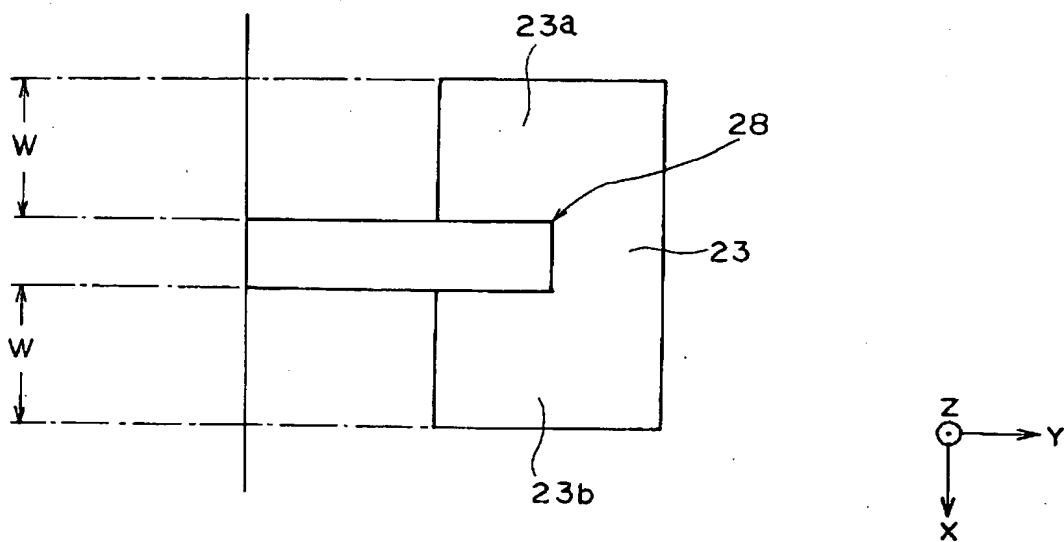
【図 27】



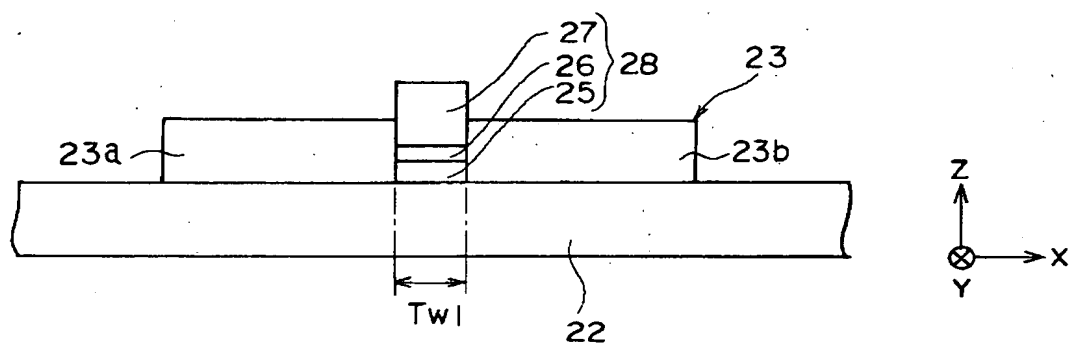
【図 28】



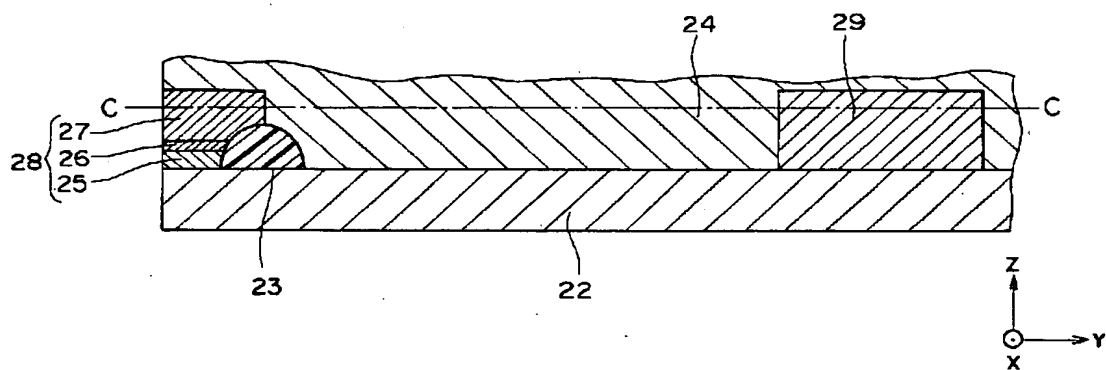
【図 29】



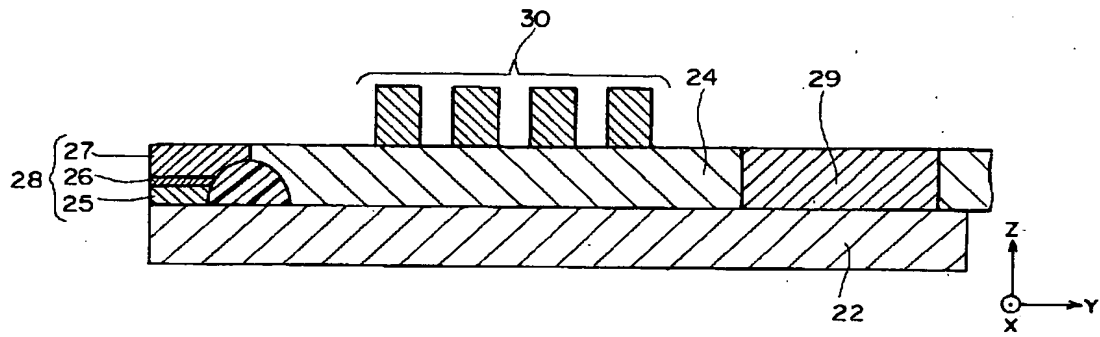
【図 30】



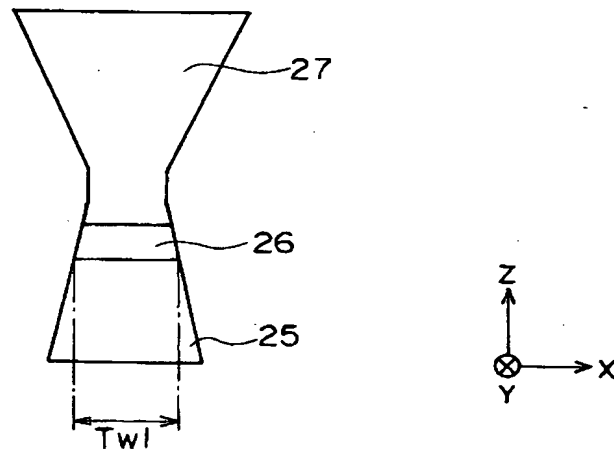
【図 31】



【図 3 2】



【図 3 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 トラック幅方向におけるギャップ層の幅を小さく形成することができ、狭トラック化を実現することの可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 下部コア層 2 と、下部コア層 2 上に形成された下部磁極層 5 上のギャップ層 6 と、ギャップ層 6 上に形成された上部磁極層 7 と、上部磁極層 7 上に形成された上部コア層 1 2 と、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側の下部コア層 2 上に、ギャップ層 6 と上部磁極層 7 との接合担面のハイト方向深さを決める G d 決め層 4 とを有し、媒体対向面からみて、ギャップ層 6 のトラック幅方向の幅に前記上部磁極層 7 のトラック幅方向の幅以下の部分を有する薄膜磁気ヘッドを採用する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名 アルプス電気株式会社